Iranian Journal of Animal Science Research
Homepage: http://ijasr.um.ac.ir

Research Article
Vol. 16, No.3, 2024, p. 447-460

Genetic Analysis of Reciprocal Crosses of Silkworm in New Iranian Lines and Hybrids

Shahla Nematollahian[1], Seyed Hossein Hosseini Moghaddam[2*], Babak Rabiei[4], Seyed Ziaeddin Mirhosseini[3]

1 –Ph.D. Candidate, Department of Animal Science, Faculty of Agricultural Sciences, University of Guilan, Rasht, Iran.
2 and 3- Associate Professor and Professor, Department of Animal Science and Department of Sericulture, Faculty of Agricultural Sciences, University of Guilan, Rasht, Iran, respectively.
4- Professor, Department of Agronomy and Plant Breeding, University of Guilan, Faculty of Agricultural Sciences, Rasht, Iran.
*Corresponding Author's Email: hosseini@guilan.ac.ir

Received: 04-12-2023 Revised: 20-01-2024 Accepted: 30-01-2024 Available Online: 03-12-2024	**How to cite this article:** Nematollahian, S., Hosseini Moghaddam, S. H., Rabiei, B., & Mirhosseini, S. Z. (2024). Genetic analysis of reciprocal crosses of silkworm in new Iranian lines and hybrids. *Iranian Journal of Animal Science Research*, *16*(3), 447-460. (in Persian with English abstract) http://doi.org/10.22067/ijasr.2024.85613.1183

Introduction: Commercial silkworm hybrids result from the controlled crossing of the Japanese-shaped parent with the Chinese-shaped parent (direct cross) and vice versa (reverse cross). Suppose the silkworm hybrids resulting from direct and reverse crossing have a large difference in the performance of the important productive, reproductive, and viability characteristics. In that case, they are not suitable for supply to the farmers. In this research, to identify the hybrid pairs with the least differences, the traits of 72 reciprocal hybrids (36 mating pairs) were tested by statistical methods. These results will be used for the final selection of commercial hybrids. Also, the genetic analysis of reciprocal hybrids and the estimation of genetic parameters in each of the mating programs were done separately using line × tester analysis.

Materials and Methods: The current research was done at the Iran Silk Research Center by carrying out two mating programs in the form of line-tester crosses between six Chinese lines (IRA2, IRA4, IRA6, IRA8, IRA10, and IRA12) with six Japanese lines (IRA1, IRA3, IRA5, IRA7, IRA9, and IRA11). Six lines with dumbbell-shaped cocoons (Japanese) and six lines with oval-shaped cocoons (Chinese) were crossed bilaterally. All lines (12 genotypes) and 72 hybrids (36+36) were reared in a completely randomized design with 4 replications. All stages of hatching and rearing of silkworm lines and hybrids in this project were done in the same way based on standard methods. The studied traits including the number of cocoons per liter, cocoon weight per liter, best cocoons percentage, middle cocoons percentage, cocoon weight per 10,000 larvae, hatchability percentage, cocoon weight, cocoon shell weight, cocoon shell percentage, and pupation rate were recorded and analyzed by applying of GLM procedure of SAS software. Line×tester analysis was applied to study the reciprocal crossing effect and estimate genetic parameters. Gene effects, heritability, σ^2gca/σ^2sca, and Baker's ratio were investigated by applying of IML procedure of SAS software.

Results and Discussion: The results of the comparison of reciprocal hybrids based on the total difference (∑D) showed that this parameter was more than the total average in 14 pairs of hybrids. Therefore they could not be selected for commercial level. In the other 22 pairs, either none of the traits or at most one trait had a significant difference ($P<0.05$). The results showed that the characteristics of cocoon weight and cocoon shell weight were more affected by reciprocal crossing. On the other hand, the number of cocoons per liter, the

http://doi.org/10.22067/ijasr.2024.85613.1183

hatchability percentage and the middle cocoon percentage were higher in Chinese mother hybrids than in Japanese mothers. For other traits (weight per liter, cocoon weight per 10,000 larvae, pupation percentage, good cocoon percentage and pupation percentage), Japanese mother hybrids were almost superior. The comparison of crosses effect in Japanese-shape lines and Chinese-shape testers with Chinese-shape lines and Japanese-shape testers showed that four traits (cocoon weight, cocoon shell weight, cocoon shell percentage and cocoon weight per 10 thousand larvae) and for the interaction effect (line × tester), three Traits (cocoon weight, cocoon shell percentage and pupation rate) were most affected by the substitution of parents. The values of additive genetic variance, Baker's coefficient, ratio σ2gca/σ2sca and heritability in four studied traits including cocoon weight, cocoon shell weight, cocoon shell percentage and number of cocoons per liter showed that these traits are under additive genetic effect. Moreover, they had a higher value in Chinese mothers than the Japanese mother crosses. The trait of cocoon weight per 10,000 larvae was also controlled by non-additive genetic effects, and the substitution of parents did not affect their genetic parameters. The pupation rate in the direct crosses was due to additive genetic effects, but in the reverse crosses was affected by non-additive genetic effects. In general, the narrow sense heritability for all traits was higher in Chinese-shape than in Japanese-shape mothers.

Conclusions: In the present study, similar and close performances of the Chinese mother and Japanese mother hybrids were determined except for cocoon weight and cocoon shell weight which was different in almost 33% of reciprocal hybrids. The crosses effect in the line × tester ANOVA supported the result of mean comparison for reciprocal hybrids evaluation. Further field investigations can be carried out to select the hybrids suitable for different geographical conditions.

Keywords: Heritability, Hybrid selection, Line × tester analysis, Reciprocal crossing, Silkworm

نشریه پژوهشهای علوم دامی ایران
Homepage: http://ijasr.um.ac.ir

مقاله پژوهشی
جلد ۱۶، شماره ۳، پاییز ۱۴۰۳، ص. ۴۶۰-۴۴۷

واکاوی ژنتیکی تلاقی‌های دوطرفه کرم ابریشم در لاین‌ها و آمیخته‌های جدید ایرانی

شهلا نعمت اللهیان[1]، سید حسین حسینی مقدم[2]*، بابک ربیعی[4]، سید ضیاالدین میرحسینی[3]

تاریخ دریافت: ۱۴۰۲/۰۹/۱۳
تاریخ بازنگری: ۱۴۰۲/۱۰/۳۰
تاریخ پذیرش: ۱۴۰۲/۱۱/۱۰

چکیده

کرم ابریشم آمیخته تجاری حاصل آمیزش‌های دوطرفه لاین‌های والدینی است. چنانچه جفت آمیخته حاصل از تلاقی مستقیم و معکوس عملکرد بسیار متفاوتی داشته باشند، برای عرضه به کشاورزان مناسب نیستند. در این تحقیق، تفاوت‌ها برای ۱۰ صفت مهم در هر جفت آمیخته محاسبه و سپس ۳۶ جفت آمیخته جدید کرم ابریشم برای تفاوت کل مقایسه شدند. دلایل ژنتیکی این تفاوت‌ها با برآورد اثرات ژنی، σ^2gca /σ^2sca، ضریب بیکر و وراثت‌پذیری عام و خاص با استفاده از تجزیه لاین × تستر به‌طور جداگانه برای آمیخته‌های مادر ژاپنی و مادر چینی بررسی شدند. نتایج مقایسه آمیخته‌های متقابل بر مبنای تفاوت کل نشان داد که این پارامتر در ۱۴ جفت آمیخته بیش از متوسط کل بود. لذا این‌ها نمی‌توانند در سطح تجاری توزیع شوند. در ۲۲ جفت آمیخته با تفاوت کل کمتر یا هیچ‌کدام از صفات و یا حداکثر یک صفت اختلاف معنی‌دار داشتند. ارزیابی آمیخته‌ها مشخص کرد که صفات وزن پیله و وزن قشر پیله بیش از سایرین تحت تأثیر آمیزش‌های متقابل قرار گرفتند. اثر آمیخته در جدول تجزیه واریانس لاین × تستر نیز نشان داد که بین تلاقی مستقیم و معکوس برای صفات وزن پیله و وزن قشر پیله و صفات مرتبط با آن یعنی وزن پیله ۱۰ هزار لارو و درصد قشر پیله، تفاوت آشکاری وجود دارد. نسبت σ^2_{gca} /σ^2_{sca}، ضریب بیکر و مقادیر وراثت‌پذیری عام و خاص نشان داد که اثرات ژنتیکی افزایشی برای وزن پیله، وزن قشر پیله و درصد قشر پیله در آمیخته‌های مادر چینی بیشتر از مادر ژاپنی بود.

واژه‌های کلیدی: انتخاب هیبرید، آمیخته دوطرفه، تجزیه لاین × تستر، کرم ابریشم، وراثت‌پذیری

مقدمه

کرم ابریشم آمیخته تجاری حاصل تلاقی والد ژاپنی‌شکل با والد چینی‌شکل (آمیخته مستقیم) و بالعکس آن است (Hosseini Moghaddam, 2013). فناوری اصلاح نژاد و تولید تخم نوغان آمیخته تجاری بسیار پیچیده بوده و جوانب متعددی دارد که چنانچه به آن توجه نشود، بعد از عرضه تخم نوغان مورد استقبال پرورش‌دهندگان قرار نخواهد گرفت. یکی از نکات مهم در معرفی آمیخته برتر، یکنواختی عملکرد مشابه آمیخته‌های متقابل است. چنانچه آمیخته‌های حاصل از آمیخته مستقیم و معکوس تفاوت خیلی زیادی در عملکرد صفات مهم تولیدی و ماندگاری داشته باشند، در عمل مناسب برای توزیع بین نوغانداران نیستند (Khordadi *et al.*, 2021). زیرا برخی از آنان تولید پیله مطلوب و برخی تولید ضعیفی خواهند داشت. لذا، پس از جداسازی لاین‌های کرم ابریشم و تولید آمیخته‌های مختلف از آن‌ها، برای انتخاب آمیخته کرم ابریشم برتر و معرفی آن به نوغانداران، بررسی جفت آمیخته‌های حاصل از آمیزش-های دو طرفه و مقایسه آن ضروری است.

در بررسی عملکرد آمیخته‌های وارداتی کرم ابریشم مشخص شد که آمیخته‌های B × Q و Q × B دارای تفاوت عملکرد زیادی بین دو آمیخته بودند. بنابراین، باتوجه به این تفاوت و همچنین وزن پیله کمتر نسبت به برخی آمیخته‌های دیگر، سهم آمیخته‌های B × Q و Q × B در سبد تخم نوغان وارداتی کشور کاهش پیدا کرد (Khordadi *et al.*, 2023). با ارزیابی عملکرد ۱۴ آمیخته وارداتی مشتمل بر هفت جفت آمیخته مستقیم و معکوس برای صفت تولید پیله به‌ازاء ۲۵۰۰۰ لارو مشخص شد که تنها یک جفت آمیخته تفاوت

۱- دانشجوی دکتری، گروه علوم دامی، دانشکده علوم کشاورزی، دانشگاه گیلان، رشت، ایران.
۲ و ۳- به‌ترتیب دانشیار و استاد، گروه علوم دامی و گروه پژوهشی ابریشم، دانشکده کشاورزی، دانشگاه گیلان، رشت، ایران.
۴- استاد، گروه تولید و ژنتیک گیاهی، دانشکده علوم کشاورزی، دانشگاه گیلان، رشت، ایران.
(*- نویسنده مسئول: (Email: hosseini@guilan.ac.ir
http://doi.org/10.22067/ijasr.2024.85613.1183

قابل توجه و معنی‌داری ($P< 0.05$) نسبت به یکدیگر داشتند (Nematollahian and Alipanah, 2022). همچنین اثر آمیخته دوطرفه در آمیخته‌های متقابل بین ماده NB4D2 با نرهای Pure Mysore و Nistari، در صفاتی نظیر وزن پیله، وزن قشر پیله و طول الیاف، بهبود قابل ملاحظه‌ای یافت، امّا تفاوت معنی‌داری بین آمیخته متقابل ماده C108 با نرهای Pure Mysore و Nistari مشاهده نشد (Talebi *et al.*, 2011).

در بیومتری با استفاده از روش‌هایی نظیر دی‌آلل[1] و لاین × تستر[2] پارامترهای ژنتیکی مانند واریانس ژنتیکی افزایشی، واریانس غالبیت، ضریب بیکر، نسبت واریانس ترکیب‌پذیری عمومی به واریانس ترکیب‌پذیری اختصاصی (σ^2gca/ σ^2sca)، درجه غالبیت و وراثت‌پذیری عام[3] (h^2_B) و خاص[4] (h^2_N) برآورد می‌شود. در تجزیه لاین × تستر اثرات آمیخته‌ها به اجزای آن شامل اثر لاین، تستر و برهم‌کنش لاین × تستر تفکیک می‌شود تا بتوان این اثر را با توجه به نقش والدین شرکت‌کننده در آمیخته‌ها تجزیه و تحلیل نمود. تفاوت‌ها حسب اینکه کدام یک از آن‌ها به‌عنوان والد مادری یا پدری در نظر گرفته شده باشند، منعکس‌کننده تفاوت بین والدین مادری یا پدری بوده و در نتیجه، برهم‌کنش لاین × تستر همان برهم‌کنش نر× ماده خواهد بود (Choukan, 2008). باتوجه به تلاقی دوطرفه در کرم ابریشم اثرات لاین × تستر نشان‌دهنده متفاوت بودن واکنش پایه‌های مادری با پایه‌های پدری مختلف و بالعکس است. تحقیقات معدودی با استفاده از تجزیه لاین × تستر در کرم ابریشم انجام شده است. لیکن تجزیه به‌روش دی‌آلل به دفعات انجام شده است (Asadpour *et al.*, 2023). اخیراً به دنبال اجرای یک پروژه اصلاح نژادی در ترکیه، چهار آمیخته حاصل با استفاده از تجزیه لاین × تستر ارزیابی شدند (Sahan, 2020).

در طی یک برنامه به‌نژادی کرم ابریشم که اخیراً در کشور انجام شد، تعدادی لاین ژاپنی‌شکل و چینی‌شکل طی یک برنامه آمیخته‌گری درون‌نژادی تولید و معرفی شدند (Mavvajpoor *et al.*, 2021; Mirhoseini *et al*., 2021). در مرحله بعد (تحقیق حاضر) آمیخته‌گری به‌صورت دو برنامه آمیزشی مستقل شامل آمیخته‌های مستقیم و معکوس لاین‌های والدینی کرم ابریشم اجرا شد. در این تحقیق، عملکرد صفات ۷۲ آمیخته دوطرفه[5] (۳۶ جفت آمیزش) با هدف بررسی تفاوت‌ها در جفت آمیخته‌ها آزمون شدند تا جفت آمیخته‌هایی با کمترین تفاوت مشخص شوند. از این نتایج برای انتخاب و معرفی نهایی آمیخته‌های تجاری استفاده خواهد شد. همچنین واکاوی ژنتیکی آمیخته‌های متقابل (دوطرفه) و برآورد پارامترهای ژنتیکی در هر یک از برنامه‌های آمیزشی با استفاده از تجزیه لاین × تستر به‌طور جداگانه انجام شد تا تفاوت‌های دو برنامه آمیزشی از نظر ژنتیکی نیز مشخص شود.

1- Diallel
2- Line × tester
3- h^2B: Broad sense heritability
4- h^2N: Narrow sense heritability
5- Reciprocal crossing

مواد و روش‌ها

تحقیق حاضر در مرکز تحقیقات ابریشم کشور با اجرای دو طرح آمیزشی لاین × تستر بین شش لاین چینی (IRA2، IRA4، IRA6، IRA8، IRA10 و IRA12) با شش لاین ژاپنی (IRA1، IRA3، IRA5، IRA7، IRA9 و IRA11) انجام شد. به عبارتی، در یک برنامه آمیزشی ۶ × ۶ لاین‌های ژاپنی به‌عنوان والد مادری با تسترهای چینی به‌عنوان والد پدری تلاقی داده شدند و در یک برنامه آمیزشی مجزای دیگر، لاین‌های چینی (والد مادری) با تسترهای ژاپنی (والد پدری) جفت داده شدند. ۳۶ آمیخته از هر برنامه تولید شد که در مجموع، ۷۲ آمیخته به همراه والدین مربوطه (۱۲ والد) و در مجموع، ۸۴ ژنوتیپ در قالب طرح کاملاً تصادفی با چهار تکرار پرورش داده شدند. به‌دلیل یکسان بودن شرایط محیطی (پرورش در یک مکان پرورشی با دما و رطوبت استاندارد) و استفاده از یک رقم برگ توت (رقم کن موچی) تنها عامل یا فاکتور متفاوت برای بررسی، ژنوتیپ‌ها بودند. کلیه مراحل تفریخ و پرورش کرم ابریشم به‌طور یکسان و طبق دستورالعمل‌های استاندارد برای پرورش کرم ابریشم انجام شد (ESCAP, 1993;Hosseini Moghaddam, 2013).

صفات مورد بررسی شامل درصد ماندگاری شفیره‌ها (درصد شفیرگی[6])، درصد پیله‌های خوب[7]، درصد پیله‌های متوسط[8]، متوسط وزن پیله[9] (۲۵ پیله نر و ۲۵ پیله ماده)، متوسط وزن قشر ابریشمی[10] (۲۵ پیله نر و ۲۵ پیله ماده)، درصد قشر ابریشمی[11] (نسبت وزن قشر یک پیله به وزن یک پیله)، تعداد پیله در یک لیتر[12]، وزن یک لیتر پیله[13]، وزن پیله حاصل از ده هزار لارو[14] و درصد تفریخ[15] بود. تمام اندازه گیری‌ها و رکوردگیری‌ها بر مبنای دستورالعمل سازمان FAO انجام شد (ESCAP, 1993). برای توزین وزن پیله و قشر آن از ترازوی دیجیتالی حساس با دقت ۰/۰۱ گرم استفاده شد. صفت تعداد پیله در لیتر، شاخص اندازه پیله است و رابطه معکوس با اندازه پیله

6- Pupation rate (%)
7- Good cocoon percentage (%)
8- Middle cocoon percentage (%)
9- Cocoon weight (g)
10- Cocoon shell weight (g)
11- Cocoon shell percentage (%)
12- Cocoon number/liter
13- Cocoon weight/liter
14- Cocoon Yeild/10000 larvae (kg)
15- Hatchability (%)

دارد، به‌طوری‌که مقادیر بیشتر نشان‌دهنده ریز بودن پیله بوده و مطلوب نیست، همچنین صفت درصد پیله‌های متوسط، هرچه کمتر باشد، بازارپسندی پیله بهتر است.

برای بررسی هیبریدها و اثر آمیزش دوطرفه و مقایسه آمیخته‌های متقابل، داده‌های آزمایش با استفاده از رویه GLM نرم‌افزار SAS نسخه ۹ تجزیه و تحلیل شدند. مقایسه میانگین صفات در آمیخته‌های حاصل از آمیزش متقابل و مقایسه دوبه‌دوی آن‌ها با آزمون توکی انجام شد. به‌منظور مقایسه ۳۶ جفت آمیخته و امتیازدهی به آن‌ها بر مبنای تفاوت آمیخته مستقیم و معکوس، فاصله اقلیدسی آمیخته مستقیم از معکوس در رتبه‌بندی آمیخته‌ها از بیشتر به کمتر به‌عنوان پارامتر D تعریف شد.

با هدف برآورد پارامترهای ژنتیکی حاصل از تجزیه لاین × تستر و واکاوی ژنتیکی آمیزش‌های دوطرفه، کل داده‌های طرح مشتمل بر داده‌های ۷۲ هیبرید و همچنین ۱۲ والد مربوطه با استفاده از رویه IML نرم‌افزار SAS نسخه ۹ تجزیه و تحلیل شدند. آمیخته‌ها مشتمل بر ۳۶ آمیخته کرم ابریشم (۶ × ۶) حاصل از تلاقی والدین مادر ژاپنی (لاین) با پدر چینی (تستر) و ۳۶ آمیخته (۶ × ۶) حاصل از آمیخته معکوس از والدین مادر چینی (لاین) با پدر ژاپنی (تستر) بودند. مدل خطی برای تجزیه آماری ژنتیکی نتاج حاصل از طرح لاین × تستر به‌شکل زیر می‌باشد (Choukan, 2008):

$$Y_{ijk} = \mu + g_i + g_j + s_{ij} + r_k + e_{ijk}$$

که در آن، Y_{ijkl}: ارزش فنوتیپی مشاهده شده در i×j امین آمیخته در k امین تکرار، μ: میانگین جمعیت، g_i: اثر gca مربوط به i امین والد، g_j: اثر gca مربوط به j امین والد، s_{ij}: اثر sca مربوط به i×j امین آمیخته، r_k: اثر k امین تکرار و e_{ijk}: اثر ijk امین خطای محیطی است.

در این تجزیه واریانس، واریانس ترکیب‌پذیری عمومی (σ^2_{gca}) لاین‌ها و تسترها به‌ترتیب با استفاده از امیدریاضی میانگین مربعات لاین‌ها (MS_L) و تسترها (MS_T) و واریانس ترکیب‌پذیری اختصاصی آمیخته‌ها (σ^2_{sca}) با استفاده از میانگین مربعات برهم‌کنش لاین × تستر ($MS_{L\times T}$) محاسبه و سپس واریانس‌های افزایشی ($\sigma^2_A = 2\sigma^2_{gca}$) و غالبیت ($\sigma^2_D = \sigma^2_{sca}$) برآورد شد. متوسط درجه غالبیت ژن‌های کنترل‌کننده هر یک از صفات مورد مطالعه، وراثت‌پذیری عام و خاص و نسبت بیکر (Baker, 1978) نیز به‌ترتیب براساس معادله‌های ۱ تا ۴ برآورد شدند.

معادله (۱)
$$\bar{a} = \sqrt{\frac{2\sigma^2_D}{\sigma^2_A}}$$

معادله (۲)
$$h^2_b = \frac{\sigma^2_A+\sigma^2_D}{\sigma^2_A+\sigma^2_D+\frac{\sigma^2_e}{r}}$$

معادله (۳)
$$h^2_n = \frac{\sigma^2_A}{\sigma^2_A+\sigma^2_D+\frac{\sigma^2_e}{r}}$$

معادله (۴)
$$BR = \frac{2MSgca}{2MSgca + 2MSsca}$$

که در آن، $\bar{a}$: متوسط اثر غالبیت ژن، h^2_b: وراثت‌پذیری عام، h^2_n: وراثت‌پذیری خاص و BR: نسبت بیکر است.

همچنین سهم نسبی لاین‌ها، تسترها و اثرات متقابل آن‌ها از واریانس کل فنوتیپی نتاج (آمیخته‌ها) براساس معادله‌های ۵، ۶ و ۷ برآورد شد (Kempthorne, 1957):

معادله (۵)
$$\text{سهم لاینها} = \frac{SS_l \times 100}{SS_C}$$

معادله (۶)
$$\text{سهم تسترها} = \frac{SS_t \times 100}{SS_C}$$

معادله (۷)
$$\text{سهم اثر متقابل لاین در تستر} = \frac{SS_{lt} \times 100}{SS_C}$$

که در آن، SS_l: مجموع مربعات اثر لاین، SS_t: مجموع مربعات اثر تستر و SS_C: مجموع مربعات اثر آمیخته‌ها (crosses) است.

نتایج و بحث

بررسی اثر تلاقی دو طرفه

نتایج تجزیه واریانس ۱۰ صفت رکوردگیری شده در ۷۲ آمیخته جدید کرم ابریشم در قالب طرح کاملاً تصادفی بر مبنای نوع تلاقی (مستقیم و معکوس) به‌علاوه ضریب تغییرات (CV) و متوسط عملکرد هر صفت در جدول ۱ ارائه شده است. هدف از این جدول، مقایسه میانگین آمیخته‌های مادر ژاپنی با مادر چینی کرم ابریشم است. نتایج نشان داد که تفاوت‌ها در بین برخی آمیخته‌ها برای تمام صفات مورد بررسی معنی‌دار است ($P< 0.05$). از سوی دیگر، با مرتب کردن آمیخته‌های مادر ژاپنی با مادر چینی در کنار یکدیگر، عملکرد آمیخته‌های مستقیم و معکوس نسبت به یکدیگر آزمون شدند. همان‌طور که در جدول ۲ مشخص شده است (اعداد پررنگ)، برای برخی جفت آمیخته‌ها این تفاوت معنی‌دار شده است ($P< 0.05$).

تفاوت میانگین آمیخته‌های حاصل از تلاقی دوطرفه

برای ارزیابی دقیق‌تر عملکرد آمیخته‌های کرم ابریشم و بررسی تفاوت در میانگین صفات در آمیخته‌های حاصل از آمیزش مستقیم و معکوس، علاوه‌بر آزمون مقایسه میانگین (جدول ۱)، از دو شیوه دیگر نیز برای معرفی تفاوت‌های آمیخته‌های متقابل استفاده شد که در جدول ۲ ارائه شده است.

در جدول ۲، اعداد سطر اول که برخی مثبت و برخی منفی هستند، تفاضل میانگین آمیخته‌های مادر ژاپنی (مستقیم) از مادر

چینی (معکوس) هستند.

جدول ۱- مقایسه میانگین‌های بین آمیخته‌های کرم ابریشم مادر ژاپنی و مادر چینی برای صفات مهم اقتصادی

Table 1- Mean comparisons between Japanese mother and Chinese mother silkworm hybrids for economic important traits

	آمیخته‌ها Hybrids	تعداد پیله در لیتر Cocoon number /liter	وزن پیله در لیتر(گرم) Cocoon weight /liter (g)	درصد شفیرگی Pupation rate (%)	تولید پیله (۱۰۰۰۰ لارو) Yeild/ 10,000 Larvae (Kg)	درصد پیله‌های خوب Best cocoon percentage (%)	درصد پیله‌های متوسط Middle cocoon percentage (%)	درصد تفریخ Hatchability (%)	وزن پیله (گرم) Cocoon weight (g)	وزن قشر پیله(گرم) Cocoon shell weight (g)	درصد قشر پیله Cocoon shell percentage (%)
1	IRA1×IRA2	102.5 $^{a-m}$	181.225 $^{a-j}$	91.00 $^{c-g}$	16.480 $^{a-c}$	89.727 $^{a-i}$	4.612 $^{e-h}$	93.172 ^{abc}	1.779 $^{a-l}$	0.337 $^{b-k}$	19.23 ^{fq}
	IRA2×IRA1	105.3 $^{a-k}$	188.757 $^{a-c}$	92.452 $^{c-e}$	16.637 $^{a-c}$	90.677 $^{a-g}$	4.645 $^{e-h}$	96.805 ^{ab}	1.688 $^{h-v}$	0.336 $^{b-l}$	19.82 $^{a-m}$
2	IRA1×IRA4	105.5 $^{a-k}$	178.595 $^{a-l}$	90.620 $^{d-g}$	15.272 $^{b-d}$	89.907 $^{a-h}$	2.475 $^{f-h}$	95.557 ^{abc}	1.747 $^{c-q}$	0.342 $^{a-j}$	19.77 $^{a-n}$
	IRA4×IRA1	103.5 $^{a-l}$	175.017 $^{a-p}$	91.855 $^{c-f}$	16.122 $^{a-d}$	85.442 $^{e-k}$	11.175 $^{a-e}$	97.070 ^{ab}	1.684 $^{h-v}$	0.342 $^{a-j}$	20.36 $^{a-c}$
3	IRA1×IRA6	100.8 $^{c-m}$	173.210 $^{b-p}$	80.970 $^{h-k}$	16.792 $^{a-c}$	90.387 $^{a-g}$	4.075 $^{e-h}$	93.658 ^{abc}	1.784 $^{a-k}$	0.342 $^{a-j}$	19.58 $^{b-o}$
	IRA6×IRA1	110.8 $^{a-e}$	173.862 $^{b-p}$	88.642 $^{e-i}$	15.752 $^{a-d}$	93.115 $^{a-g}$	4.062 $^{e-h}$	**98.373 ^{a}**	1.638 $^{q-y}$	0.318 $^{g-n}$	19.65 $^{a-o}$
4	IRA1×IRA8	108.3 $^{a-h}$	191.985 ^{ab}	92.600 $^{c-e}$	16.542 $^{a-c}$	93.597 $^{a-f}$	2.732 $^{f-h}$	97.310 ^{ab}	1.828 $^{a-g}$	0.350 $^{a-f}$	19.36 $^{d-q}$
	IRA8×IRA1	103.5 $^{a-l}$	170.427 $^{c-p}$	80.047 $^{i-k}$	15.772 $^{a-d}$	**78.525 ^{k}**	**16.292 ^{a}**	95.152 ^{abc}	1.656 $^{m-v}$	0.329 $^{d-n}$	20.01 $^{a-i}$
5	IRA1×IRA10	107 $^{a-i}$	185.895 $^{a-e}$	79.865 ^{jk}	15.245 $^{b-d}$	89.855 $^{a-h}$	5.032 $^{e-h}$	93.775 ^{abc}	1.748 $^{c-q}$	0.337 $^{b-k}$	19.62 $^{a-o}$
	IRA10×IRA1	105 $^{a-k}$	173.712 $^{b-p}$	93.525 $^{b-d}$	16.180 $^{a-d}$	85.865 $^{d-k}$	9.230 $^{a-g}$	97.740 ^{ab}	1.629 $^{q-y}$	0.316 $^{h-n}$	19.50 $^{c-p}$
6	IRA1×IRA12	93.8 $^{h-n}$	174.467 $^{a-p}$	86.627 $^{f-k}$	16.822 $^{a-c}$	90.270 $^{a-h}$	4.027 $^{e-h}$	96.270 ^{ab}	1.869 ^{ab}	0.311 $^{i-n}$	20.06 $^{a-h}$
	IRA12×IRA1	103.3 $^{a-m}$	168.505 $^{d-p}$	94.505 $^{a-c}$	16.465 $^{a-c}$	87.960 $^{a-j}$	8.487 $^{b-h}$	95.535 ^{abc}	1.656 $^{m-v}$	0.322 $^{f-n}$	19.77 $^{a-n}$
7	IRA3×IRA2	90.8 $^{k-m}$	161.352 $^{k-p}$	95.095 $^{a-c}$	17.205 $^{a-c}$	90.185 $^{a-h}$	6.042 $^{d-h}$	93.442 ^{abc}	1.771 $^{a-m}$	0.346 $^{a-g}$	19.69 $^{a-o}$
	IRA2×IRA3	102.5 $^{a-k}$	164.040 $^{i-p}$	94.342 $^{a-c}$	16.395 $^{a-c}$	89.185 $^{a-i}$	6.412 $^{d-h}$	94.880 ^{abc}	1.656 $^{m-w}$	0.312 $^{i-n}$	19.22 $^{f-q}$
8	IRA3×IRA4	92 $^{k-m}$	166.330 $^{g-p}$	95.717 ^{ab}	17.242 ^{ab}	91.530 $^{a-g}$	5.070 $^{e-h}$	94.002 ^{abc}	1.771 $^{a-m}$	0.346 $^{a-g}$	19.78 $^{a-n}$
	IRA4×IRA3	100.3 $^{c-m}$	167.522 $^{e-p}$	93.192 $^{b-e}$	14.920 ^{cd}	86.050 $^{c-k}$	8.775 $^{a-h}$	94.135 ^{abc}	1.656 $^{m-w}$	0.325 $^{e-n}$	19.99 $^{a-j}$
9	IRA3×IRA6	105.3 $^{a-k}$	179.107 $^{a-l}$	93.085 $^{b-e}$	16.687 $^{a-c}$	93.492 $^{a-f}$	4.320 $^{e-h}$	92.252 ^{abc}	1.728 $^{e-u}$	0.342 $^{a-j}$	20.02 $^{a-i}$
	IRA6×IRA3	110.5 $^{a-e}$	168.170 $^{e-p}$	82.167 $^{h-k}$	14.965 ^{cd}	90.300 $^{a-h}$	6.830 $^{c-h}$	**98.430 ^{a}**	**1.519 ^{y}**	0.289 ^{mn}	19.16 $^{h-q}$
10	IRA3×IRA8	103.8 $^{a-l}$	178.917 $^{a-l}$	95.137 $^{a-c}$	16.912 $^{a-c}$	93.185 $^{a-g}$	4.717 $^{e-h}$	95.022 ^{abc}	1.744 $^{c-r}$	0.344 $^{a-i}$	20.13 $^{a-g}$
	IRA8×IRA3	99.3 $^{d-m}$	164.677 $^{h-p}$	89.717 $^{e-h}$	15.800 $^{a-d}$	90.462 $^{a-g}$	6.332 $^{d-h}$	97.180 ^{ab}	1.564 $^{v-y}$	0.343 $^{a-j}$	20.05 $^{a-h}$
11	IRA3×IRA10	103.8 $^{a-l}$	178.707 $^{a-l}$	95.085 ^{ab}	16.730 $^{a-c}$	94.630 $^{a-d}$	3.417 $^{e-h}$	92.147 ^{abc}	1.734 $^{d-t}$	0.319 $^{a-g}$	20.24 $^{a-e}$
	IRA10×IRA3	99.8 $^{d-m}$	162.730 $^{j-p}$	92.495 $^{c-e}$	15.827 $^{a-d}$	86.657 $^{a-k}$	9.517 $^{a-g}$	**98.300 ^{a}**	1.648 $^{o-x}$	0.350 $^{a-f}$	19.27 $^{e-q}$
12	IRA3×IRA12	**88.8 ^{m}**	157.240 $^{n-p}$	90.997 $^{c-g}$	16.220 $^{a-d}$	93.465 $^{a-f}$	4.127 $^{d-h}$	97.505 ^{ab}	1.724 $^{e-u}$	0.331 $^{c-n}$	20.49 ^{ab}
	IRA12×IRA3	95.8 $^{f-m}$	156.745 ^{op}	88.437 $^{e-i}$	16.260 $^{a-d}$	88.610 $^{a-j}$	8.155 $^{b-h}$	97.585 ^{ab}	1.635 $^{q-y}$	0.332 $^{c-m}$	**20.50 ^{a}**
13	IRA5×IRA2	92.3 $^{j-m}$	**156.342 ^{p}**	93.380 $^{b-e}$	16.035 $^{a-d}$	94.895 ^{ab}	2.085 ^{gh}	95.652 ^{abc}	1.704 $^{i-v}$	0.337 $^{b-k}$	20.06 $^{a-h}$
	IRA2×IRA5	102.5 $^{c-m}$	167.437 $^{e-p}$	95.560 ^{ab}	16.360 $^{a-d}$	89.437 $^{a-i}$	7.607 $^{c-h}$	96.410 ^{ab}	1.657 $^{m-w}$	0.321 $^{f-n}$	19.51 $^{c-p}$
14	IRA5×IRA4	98.8 $^{d-m}$	169.060 $^{d-p}$	**96.947 ^{a}**	17.415 ^{ab}	91.877 $^{a-g}$	4.622 $^{e-h}$	94.257 ^{abc}	1.708 $^{g-v}$	0.331 $^{c-n}$	19.85 $^{a-l}$
	IRA4×IRA5	95.3 $^{f-m}$	171.582 $^{c-p}$	94.262 $^{a-d}$	16.790 $^{a-c}$	87.162 $^{b-k}$	8.025 $^{b-h}$	97.272 ^{ab}	1.735 $^{d-t}$	0.331 $^{c-n}$	19.21 $^{g-q}$
15	IRA5×IRA6	100.8 $^{c-m}$	174.585 $^{a-p}$	93.830 $^{b-d}$	16.462 $^{a-c}$	93.902 $^{a-f}$	4.745 $^{e-h}$	92.415 ^{abc}	1.690 $^{i-v}$	0.305 $^{k-n}$	19.10 $^{i-q}$
	IRA6×IRA5	111.8 $^{a-e}$	172.405 $^{c-p}$	92.100 $^{c-e}$	15.280 $^{b-d}$	94.717 $^{a-c}$	3.965 $^{e-h}$	97.907 ^{ab}	1.565 $^{v-y}$	0.333 $^{c-m}$	19.60 $^{a-o}$
16	IRA5×IRA8	103.3 $^{a-l}$	172.530 $^{c-p}$	90.100 $^{d-g}$	15.785 $^{a-d}$	93.502 $^{a-f}$	3.005 $^{e-h}$	94.867 ^{abc}	1.684 $^{i-w}$	0.333 $^{c-m}$	19.99 $^{a-j}$
	IRA8×IRA5	100.3 $^{c-m}$	166.882 $^{f-p}$	90.885 $^{c-g}$	16.017 $^{a-d}$	90.747 $^{a-g}$	5.930 $^{d-h}$	96.170 ^{ab}	1.668 $^{k-w}$	0.337 $^{b-k}$	20.34 $^{a-d}$
17	IRA5×IRA10	99.8 $^{c-m}$	170.820 $^{c-p}$	**96.610 ^{a}**	16.932 $^{a-c}$	90.932 $^{a-g}$	6.480 $^{d-h}$	97.650 ^{ab}	1.740 $^{c-s}$	0.332 $^{a-f}$	19.24 $^{f-q}$
	IRA10×IRA5	105.3 $^{a-k}$	168.300 $^{e-p}$	89.155 $^{e-i}$	16.090 $^{a-d}$	84.562 $^{g-k}$	12.907 $^{a-d}$	97.835 ^{ab}	1.656 $^{m-w}$	0.312 $^{i-n}$	18.96 $^{k-r}$
18	IRA5×IRA12	98.3 $^{d-m}$	170.780 $^{c-p}$	95.015 $^{a-c}$	16.465 $^{a-d}$	93.867 $^{a-e}$	3.815 $^{e-h}$	**98.017 ^{a}**	1.714 $^{g-v}$	0.341 $^{a-k}$	19.93 $^{a-k}$
	IRA12×IRA5	101 $^{c-m}$	168.700 $^{d-o}$	82.352 $^{h-k}$	15.285 $^{b-d}$	80.555 ^{jk}	14.425 $^{a-c}$	97.522 ^{ab}	1.618 $^{t-y}$	0.306 $^{j-n}$	19.13 $^{h-q}$
19	IRA7×IRA2	99.3 $^{d-m}$	178.065 $^{a-l}$	92.827 $^{b-e}$	17.630 ^{ab}	95.272 ^{ab}	**1.417 ^{h}**	90.617 ^{bc}	1.790 $^{a-i}$	0.345 $^{a-h}$	19.42 $^{d-q}$
	IRA2×IRA7	109.8 $^{a-f}$	175.262 $^{a-o}$	91.585 $^{c-f}$	15.755 ^{ab}	89.220 $^{a-j}$	4.855 $^{e-h}$	98.067 ^{a}	1.664 $^{l-w}$	0.318 $^{g-n}$	19.35 $^{e-q}$
20	IRA7×IRA4	98.3 $^{d-m}$	176.54 $^{a-m}$	94.120 $^{a-d}$	17.107 $^{a-c}$	93.547 $^{a-f}$	4.380 $^{e-h}$	96.950 ^{ab}	1.873 ^{ab}	**0.372 ^{a}**	20.20 $^{a-f}$
	IRA4×IRA7	99 $^{d-m}$	165.800 $^{g-p}$	90.432 $^{d-g}$	16.055 $^{a-d}$	80.947 $^{i-k}$	**15.540 ^{a}**	96.702 ^{ab}	1.656 $^{m-v}$	0.326 $^{e-n}$	19.78 $^{a-n}$
21	IRA7×IRA6	92.8 $^{j-m}$	185.172 $^{a-f}$	91.452 $^{c-f}$	**17.895 ^{a}**	**96.135 ^{a}**	2.867 $^{f-h}$	**98.002 ^{a}**	1.857 $^{a-c}$	0.310 $^{i-n}$	19.38 $^{d-q}$
	IRA6×IRA7	116.5 ^{a}	180.087 $^{a-k}$	89.610 $^{e-h}$	14.095 ^{d}	94.277 $^{a-e}$	3.832 $^{e-h}$	97.095 ^{ab}	1.621 $^{s-y}$	0.356 $^{a-d}$	19.20 $^{g-q}$
22	IRA7×IRA8	94.3 $^{g-m}$	183.867 $^{a-g}$	92.262 $^{c-e}$	17.390 ^{ab}	93.902 $^{a-e}$	3.762 $^{e-h}$	91.337 ^{abc}	1.849 $^{a-d}$	0.333 $^{c-m}$	19.44 $^{d-q}$
	IRA8×IRA7	101.5 $^{b-m}$	168.925 $^{d-o}$	90.570 $^{d-g}$	16.295 $^{a-d}$	88.540 $^{a-j}$	5.582 $^{d-h}$	94.375 ^{abc}	1.671 $^{i-w}$	0.333 $^{c-m}$	20.15 $^{a-g}$
23	IRA7×IRA10	95.3 $^{f-m}$	177.150 $^{a-l}$	94.405 $^{a-c}$	17.285 $^{a-c}$	90.217 $^{a-h}$	6.715 $^{d-h}$	94.057 ^{abc}	**1.887 ^{a}**	0.369 $^{a-d}$	19.70 $^{a-o}$
	IRA10×IRA7	105.8 $^{a-l}$	176.385 $^{a-m}$	92.485 $^{b-e}$	16.487 $^{a-d}$	90.657 $^{a-g}$	6.105 $^{d-h}$	97.737 ^{ab}	1.694 $^{i-v}$	0.329 $^{d-n}$	19.60 $^{a-o}$
24	IRA7×IRA12	90.5 ^{lm}	177.302 $^{a-l}$	90.122 $^{d-h}$	16.272 $^{a-d}$	92.492 $^{a-g}$	3.470 $^{e-h}$	97.315 ^{ab}	1.847 $^{a-e}$	0.369 $^{a-c}$	20.36 $^{a-c}$
	IRA12×IRA7	113 $^{a-e}$	170.620 $^{c-p}$	81.407 $^{h-k}$	14.885 ^{cd}	87.522 $^{a-j}$	9.022 $^{a-g}$	**98.280 ^{a}**	1.659 $^{l-y}$	0.316 $^{h-n}$	19.35 $^{e-q}$
25	IRA9×IRA2	95.8 $^{f-m}$	177.887 $^{a-l}$	96.602 ^{a}	17.412 ^{ab}	90.767 $^{a-g}$	6.117 $^{d-h}$	95.697 ^{abc}	1.824 $^{a-h}$	0.354 $^{a-e}$	19.70 $^{a-o}$
	IRA2×IRA9	100.3 $^{c-m}$	167.290 $^{e-p}$	90.975 $^{c-g}$	15.510 $^{b-d}$	91.752 $^{a-g}$	4.387 $^{e-h}$	97.427 ^{ab}	1.672 $^{i-w}$	0.325 $^{e-n}$	19.81 $^{a-m}$
26	IRA9×IRA4	98.3 $^{d-m}$	175.407 $^{a-o}$	96.662 ^{a}	17.560 ^{ab}	90.005 $^{a-h}$	6.085 $^{b-h}$	97.270 ^{ab}	1.789 $^{a-h}$	0.345 $^{a-h}$	19.70 $^{a-o}$
	IRA4×IRA9	103.3 $^{a-l}$	170.522 $^{c-p}$	89.882 $^{e-h}$	14.562 ^{cd}	86.905 $^{a-k}$	8.755 $^{a-h}$	96.910 ^{ab}	1.623 $^{r-w}$	0.310 $^{i-n}$	19.25 $^{f-q}$
27	IRA9×IRA6	114.3 $^{a-c}$	184.247 $^{a-g}$	94.145 $^{a-d}$	17.022 $^{a-c}$	88.390 $^{a-j}$	8.937 $^{a-h}$	96.342 ^{ab}	1.638 $^{q-y}$	0.308 $^{j-n}$	19.04 $^{i-q}$
	IRA6×IRA9	110.8 $^{a-e}$	166.795 $^{f-p}$	89.195 $^{e-i}$	14.737 ^{cd}	94.957 ^{ab}	3.967 $^{e-h}$	96.902 ^{ab}	1.528 ^{xy}	**0.283 ^{n}**	18.56 ^{qr}
28	IRA9×IRA8	100 $^{c-m}$	166.550 $^{f-p}$	96.050 ^{a}	16.285 $^{a-d}$	92.520 $^{a-g}$	4.152 $^{e-h}$	91.540 ^{abc}	1.699 $^{i-v}$	0.317 $^{g-n}$	19.88 $^{a-l}$
	IRA8×IRA9	100.3 $^{c-m}$	161.115 $^{l-p}$	88.507 $^{e-i}$	16.010 $^{b-d}$	89.222 $^{a-j}$	5.175 $^{d-h}$	96.552 ^{ab}	1.607 $^{u-y}$	0.331 $^{c-n}$	19.96 $^{a-j}$
29	IRA9×IRA10	104.8 $^{a-k}$	187.052 $^{a-d}$	94.815 $^{a-c}$	17.085 $^{a-c}$	89.192 $^{a-j}$	7.722 $^{a-f}$	93.775 ^{abc}	1.767 $^{b-l}$	0.345 $^{a-h}$	19.82 $^{a-l}$
	IRA10×IRA9	108 $^{a-h}$	172.157 $^{c-p}$	92.385 $^{c-e}$	15.980 $^{b-d}$	85.722 $^{e-k}$	10.070 $^{a-f}$	**98.427 ^{a}**	1.629 $^{q-y}$	0.308 $^{j-n}$	19.04 $^{j-q}$
30	IRA9×IRA12	101.8 $^{b-m}$	181.050 $^{a-j}$	92.992 $^{b-d}$	16.830 $^{a-c}$	87.892 $^{a-j}$	8.730 $^{a-h}$	92.530 ^{abc}	1.761 $^{b-o}$	0.341 $^{a-k}$	19.47 $^{c-p}$
	IRA12×IRA9	101.5 $^{b-m}$	157.997 $^{m-p}$	90.800 $^{c-g}$	15.952 $^{b-d}$	93.527 $^{a-f}$	4.057 $^{e-h}$	97.672 ^{ab}	1.770 $^{a-n}$	0.315 $^{h-n}$	19.92 $^{a-k}$
31	IRA11×IRA2	98.5 $^{h-m}$	179.647 ^{al}	93.930 $^{b-d}$	17.392 ^{ab}	95.075 ^{ab}	4.027 $^{e-h}$	94.462 ^{abc}	1.788 $^{a-j}$	0.371 ^{ab}	19.79 $^{a-n}$
	IRA2×IRA11	100.8 $^{c-m}$	169.790 $^{d-p}$	92.965 $^{b-d}$	16.410 $^{a-d}$	90.790 $^{a-g}$	6.385 $^{d-h}$	97.165 ^{ab}	1.686 $^{i-v}$	0.316 $^{h-n}$	19.01 $^{j-r}$
32	IRA11×IRA4	101.3 $^{c-m}$	193.082 ^{a}	94.760 $^{a-c}$	17.762 ^{ab}	91.772 $^{a-g}$	5.707 $^{d-h}$	**88.667 ^{c}**	1.836 $^{a-f}$	0.340 $^{a-k}$	18.51 ^{qr}
	IRA4×IRA11	101 $^{c-m}$	183.920 $^{a-g}$	91.045 $^{c-g}$	16.617 $^{a-c}$	87.807 $^{a-j}$	7.170 $^{c-h}$	97.070 ^{ab}	1.771 $^{a-m}$	0.329 $^{d-n}$	18.83 $^{n-r}$
33	IRA11×IRA6	100.8 $^{c-m}$	174.952 $^{a-p}$	87.305 $^{f-j}$	17.552 ^{ab}	95.297 ^{ab}	2.345 ^{gh}	97.022 ^{ab}	1.762 $^{b-o}$	0.329 $^{d-n}$	18.90 $^{l-r}$
	IRA6×IRA11	110.8 $^{a-e}$	174.610 $^{a-p}$	63.482 ^{k}	15.215 $^{b-e}$	89.737 $^{a-i}$	8.462 $^{b-h}$	97.360 ^{ab}	1.640 $^{q-y}$	0.296 $^{l-n}$	**18.39 ^{r}**
34	IRA11×IRA8	98.3 $^{e-m}$	180.007 $^{a-k}$	92.342 $^{c-e}$	**17.947 ^{a}**	94.465 $^{a-e}$	3.922 $^{e-h}$	95.682 ^{abc}	1.760 $^{b-p}$	0.332 $^{c-n}$	18.97 $^{k-r}$
	IRA8×IRA11	108.5 $^{e-k}$	182.007 $^{a-i}$	88.532 $^{e-i}$	**17.635 ^{a}**	92.700 $^{a-g}$	4.075 $^{e-h}$	96.460 ^{ab}	1.709 $^{g-v}$	0.326 $^{e-n}$	19.25 $^{f-q}$
35	IRA11×IRA10	106 $^{a-j}$	181.782 $^{a-i}$	94.812 $^{a-c}$	16.280 $^{a-d}$	93.120 $^{a-g}$	2.140 ^{gh}	96.040 ^{abc}	1.728 $^{d-t}$	0.329 $^{d-n}$	19.26 $^{f-q}$
	IRA10×IRA11	116 ^{ab}	183.345 $^{a-h}$	83.020 $^{g-k}$	15.065 $^{b-e}$	86.780 $^{a-k}$	8.087 $^{b-h}$	98.515 ^{a}	1.650 $^{n-w}$	0.305 $^{k-n}$	18.81 $^{o-r}$
36	IRA11×IRA12	93.3 $^{i-m}$	169.137 $^{d-p}$	**96.300 ^{a}**	16.570 $^{a-c}$	93.560 $^{a-f}$	4.107 $^{e-h}$	95.407 ^{abc}	1.788 $^{a-j}$	0.331 $^{c-n}$	18.77 $^{p-r}$
	IRA12×IRA11	105.5 $^{a-k}$	175.67 $^{a-n}$	90.452 $^{d-g}$	16.855 $^{a-c}$	81.547 $^{i-k}$	**15.402 ^{a}**	97.482 ^{ab}	1.636 $^{q-y}$	0.311 $^{i-n}$	19.20 $^{g-q}$
	Mean	101.99	173.64	90.99	16.35	90.35	6.18	95.9	1.71	0.33	19.56
	C.V	4.785	3.622	7.452	6.692	3.252	41.135	2.594	2.367	1.608	1.69

در جدول ۲، پارامتر D که توصیف آن در بخش مواد و روش‌ها بیان شد، در سطر دوم ارائه شد. مجموع مقادیر D یا تفاوت کل برای ۱۰ صفت مورد بررسی (ستون آخر) بیانگر وضعیت جفت آمیخته‌ها در مقایسه با یکدیگر است. هر چقدر این پارامتر بیشتر باشد، نشان‌دهنده تفاوت بیشتر بین آمیخته مستقیم و معکوس می‌باشد. متوسط تفاوت کل ($\sum D/36$) برای ۳۶ جفت آمیخته، ۲۴۶ بود که برای ۲۲ جفت آمیخته کرم ابریشم مقدار $\sum D$ کمتر از متوسط و برای ۱۴ مورد، بیشتر بود. بنابراین، می‌توان این ۱۴ مورد را از فرآیند انتخاب آمیخته‌های برتر کنار گذاشت. بدیهی است از میان ۲۲ جفت آمیخته باقی مانده که تفاوت کلی آمیخته‌های مستقیم و معکوس آن‌ها کمتر از متوسط است، براساس شاخص‌های تولیدی و ماندگاری می‌توان آمیخته‌های شایسته‌تر را انتخاب و به نوغانداران معرفی نمود. اعداد تفاوت کل نشان داد که پنج جفت آمیخته در دامنه بالایی (بیش از یک انحراف معیار) و پنج جفت آمیخته در دامنه پایینی (کمتر از یک انحراف معیار) قرار گرفتند که این موضوع حاکی از دامنه بسیار زیاد مجموع عملکرد صفات مختلف در آمیخته‌های دوطرفه است که با توجه به اهمیت مشابهت عملکرد آمیخته‌ها لازم است که این تفاوت‌ها در انتخاب آمیخته‌های تجاری مورد توجه قرار گیرد.

ارزیابی آزمایشگاهی عملکرد ۱۴ آمیخته وارداتی مشتمل بر هفت جفت آمیخته مستقیم و معکوس برای تولید پیله به‌ازاء ۲۵۰۰۰ لارو بر مبنای متوسط دو منطقه گیلان و خراسان مشخص کرد که تنها یک جفت آمیخته ($J \times H$ و $H \times J$[1]) تفاوت قابل توجه و معنی‌داری ($P< 0.05$) نسبت به یکدیگر داشتند (Nematollahian and Alipanah, 2022). لازم به ذکر است که این آمیخته کرم ابریشم وارداتی تاکنون جهت توزیع در بین نوغانداران انتخاب نشده است. در بررسی عملکرد شش جفت آمیخته تجاری کرم ابریشم وارداتی در شرایط روستایی و تلمبارهای سنتی، آمیخته‌های $Q \times B$ و $B \times Q$[2] بیشترین تفاوت در عملکرد را نشان دادند، به‌طوری‌که برای صفات درصد پیله‌های خوب، تعداد در لیتر، وزن پیله و درصد قشر پیله این تفاوت معنی‌دار بود ($P< 0.05$). لیکن برای جفت آمیخته‌های $M \times S$[3] و $S \times M$ و همچنین $BB \times QA$[4] و $QA \times BB$ بین آمیخته‌های مستقیم و معکوس برای تمامی صفات مورد بررسی تفاوت معنی‌داری مشاهده نشد (Khordadi *et al.*, 2023). بنابراین، چنین آمیخته‌هایی قابل توصیه برای نوغانداران هستند. در بررسی آمیخته‌های کرم ابریشم داخلی (Alipanah *et al.*, 2020)، چهار آمیخته مشتمل بر آمیخته‌های دوطرفه بودند. مقایسه میانگین صفات مورد بررسی نشان داد که تفاوت‌ها در این دو جفت آمیخته برای هیچ صفتی معنی‌دار نیست ($P< 0.05$). اثرات مادری و لینکاژ جنسی باعث ایجاد تفاوت بین آمیخته‌های دوطرفه می‌شود (Crusio, 1987). همچنین وراثت سیتوپلاسمی نقش مهمی در توسعه ابتدایی جنینی و اثرات مادری در کرم ابریشم دارد (Zhang *et al.*, 2018). در تحقیق دیگری معنی‌دار شدن اثر متقابل در آمیخته‌های حاصل از والدین کرم ابریشم با فاصله ژنتیکی زیاد را به‌دلیل وجود لینکاژ جنسی و اثرات مادری دانستند (Singh *et al.*, 2006).

در ستون آخر جدول ۲، آمیخته‌های برتر (۲۲ آمیخته) که تفاوت کل کمتری دارند، به‌شکل پررنگ شده معرفی شده‌اند. وضعیت صفات برای هر یک از آمیخته‌های پررنگ شده نشان داد که برای نیمی از موارد، هیچ صفتی و برای بقیه، حداکثر یک صفت اختلاف معنی‌دار داشتند ($P< 0.05$). همچنین مقایسه صفات بر مبنای عملکرد کلی تمام آمیخته‌ها (سطر انتهایی جدول ۲) نشان داد که صفات وزن پیله و وزن قشر پیله بیشتر از سایرین و صفات تعداد پیله در لیتر و درصد تفریخ با دو مورد تفاوت معنی‌دار ($P< 0.05$) کمتر از سایر صفات تحت تأثیر آمیزش‌های متقابل قرار می‌گیرد. به‌طور کلی، باتوجه به اینکه تنها برخی صفات تحت تأثیر آمیزش‌های دو طرفه قرار گرفته و این تأثیر حداکثر در ۳۳ درصد جفت آمیخته‌ها بود، می‌توان استنباط نمود که اثر آمیزش‌های متقابل در آمیخته‌گری کرم ابریشم فراگیر نبوده و لازم است برای والدین مختلف بررسی و ارزیابی شود.

مقادیر ضریب تغییرات (C.V) در جدول ۲ برای ۱۰ صفت مورد بررسی نشان داد که به‌جز درصد پیله‌های متوسط، سایر صفات تغییرپذیری کمی داشته‌اند. این موضوع کنترل مؤثر و یکنواختی عوامل محیطی را در محیط آزمایشی، به‌علاوه دقت در رکوردگیری‌ها را نشان می‌دهد. در مورد صفت درصد پیله‌های متوسط که یک صفت نامطلوب در انتخاب اصلاح نژادی کرم ابریشم است، ضریب تغییرات بالایی داشت که نشان‌دهنده تغییرپذیری زیاد آن است. این می‌تواند به‌دلیل تأثیرپذیری زیاد این صفت از شرایط محیطی (اعم از پرورشی، خطای رکوردگیری و غیره) و همچنین ناهمگن بودن واریانس (با توجه به منفی بودن واریانس افزایشی در جدول ۴) باشد. این ویژگی سبب می‌شود که از این صفت کمتر در ارزیابی و مقایسه آمیخته‌ها استفاده شود (Khordadi *et al.*, 2023; Alipanah *et al.*, 2020).

تجزیه واریانس صفات در تجزیه لاین× تستر

باتوجه به مشخص شدن تفاوت‌ها در آمیخته‌های دوطرفه کرم ابریشم، شایسته است که منشأ این تفاوت مشخص شود. لذا، تجزیه واریانس مربوط به تجزیه لاین × تستر برای هر برنامه آمیزشی به‌صورت مجزا انجام شد که نتایج آن در جدول ۳ به‌ترتیب برای آمیخته‌های مادر ژاپنی (آمیزش مستقیم) و مادر چینی (آمیزش معکوس) ارائه شده است. اثر ژنوتیپ برای تمامی صفات در هر دو برنامه آمیزشی معنی‌دار است که از این نظر تفاوتی وجود ندارد. وجود تنوع ژنتیکی بین ژنوتیپ‌ها برای همه صفات مورد بررسی امکان تفکیک اثر ژنوتیپ به اجزای

1- H: Haoyue لاین نژاد ژاپنی, J: Jingsong لاین نژاد چینی
2- B: Baiyue لاین نژاد ژاپنی, Q: Qiufeng لاین نژاد چینی
3- S: Suju لاین نژاد ژاپنی, M: Minghu لاین نژاد چینی
4- BB: Baiyue B لاین نژاد ژاپنی, QA: Qiufeng A لاین نژاد چینی

تشکیل‌دهنده آن شامل اثر والـدین (Parents)، اثـر والـدین در مقابـل آمیخته‌ها (Parents vs. crosses) و اثر آمیخته‌هـا (Crosses) را فراهم کرد.

جدول ۲- مقایسه ۳۶ جفت آمیخته جدید کرم ابریشم ایران بر مبنای تفاوت تلاقی‌های متقابل

Table 2- Comparison of 36 pairs of new hybrids of Iranian silkworms based on the differences of reciprocal hybrids

	آمیخته‌ها Hybrids	تعداد پیله در لیتر Cocoon number /liter	وزن پیله در لیتر (گرم) Cocoon weight /liter (g)	درصد شفیرگی Pupation rate (%)	تولید پیله (۱۰۰۰۰ لارو) Yeild/ 10,000 Larvae (kg)	درصد پیله‌های خوب Best cocoon percentage (%)	درصد پیله‌های متوسط Middle cocoon percentage (%)	درصد تفریخ Hatcha-bility (%)	وزن پیله (گرم) Cocoon weight (g)	وزن قشر پیله (گرم) Cocoon shell weight (g)	درصد قشر پیله Cocoon shell percentage (%)	تفاوت کل ∑D
1	IRA1×IRA2	-2.75^{ns}	-7.53^{ns}	-1.45^{ns}	-0.15^{ns}	-0.95^{ns}	-0.03^{ns}	-3.63^{ns}	0.09^{ns}	0.00^{ns}	-0.60^{ns}	
	IRA2×IRA1	D=12	D=10	D=5	D=5	D=6	D=4	D=27	D=29	D=4	D=28	**130**
2	IRA1×IRA4	2.00^{ns}	3.58^{ns}	-1.23^{ns}	-0.85^{ns}	4.47^{ns}	-8.70^{ns}	-1.51^{ns}	0.06^{ns}	0.00^{ns}	-0.59^{ns}	
	IRA4×IRA1	D=9	D=10	D=4	D=14	D=22	D=62	D=11	D=19	D=2	D=24	**177**
3	IRA1×IRA6	-10.00^{ns}	-0.65^{ns}	-7.67^{ns}	1.04^{ns}	-2.73^{ns}	0.01^{ns}	-5.71^{ns}	0.15^{ns}	0.02^{ns}	-0.07^{ns}	
	IRA6×IRA1	D=33	D=2	D=12	D=17	D=10	D=2	D=59	D=35	D=21	D=3	**194**
4	IRA1×IRA8	4.75^{ns}	**21.56***	**12.55***	0.77^{ns}	**15.07***	**-13.56***	2.16^{ns}	**0.18***	0.02^{ns}	-0.64^{ns}	
	IRA8×IRA1	D=25	D=45	D=41	D=16	D=58	D=63	D=57	D=46	D=31	D=31	413
5	IRA1×IRA10	2.00^{ns}	12.18^{ns}	**-13.66***	-0.94^{ns}	3.99^{ns}	-4.20^{ns}	-3.96^{ns}	0.12^{ns}	0.02^{ns}	0.12^{ns}	
	IRA10×IRA1	D=8	D=48	D=46	D=12	D=18	D=30	D=28	D=33	D=30	D=5	258
6	IRA1×IRA12	-10.00^{ns}	5.96^{ns}	-7.88^{ns}	0.36^{ns}	2.31^{ns}	-4.46^{ns}	0.73^{ns}	**0.21***	0.01^{ns}	0.29^{ns}	
	IRA12×IRA1	D=36	D=19	D=23	D=12	D=15	D=31	D=6	D=48	D=9	D=17	**216**
7	IRA3×IRA2	-11.75^{ns}	-2.69^{ns}	0.75^{ns}	0.81^{ns}	1.00^{ns}	-0.37^{ns}	-1.44^{ns}	0.12^{ns}	**0.03***	0.47^{ns}	
	IRA2×IRA3	D=38	D=2	D=2	D=14	D=8	D=8	D=10	D=32	D=45	D=21	**180**
8	IRA3×IRA4	-8.25^{ns}	-1.19^{ns}	2.52^{ns}	**2.32***	5.48^{ns}	-3.71^{ns}	-0.13^{ns}	0.12^{ns}	0.02^{ns}	-0.22^{ns}	
	IRA4×IRA3	D=26	D=14	D=11	D=55	D=26	D=27	D=2	D=31	D=29	D=12	**233**
9	IRA3×IRA6	-5.25^{ns}	10.94^{ns}	**10.92***	1.72^{ns}	3.20^{ns}	-2.51^{ns}	-6.18^{ns}	**0.21***	**0.05***	**0.86***	
	IRA6×IRA3	D=22	D=36	D=50	D=41	D=49	D=17	D=65	D=52	D=49	D=41	422
10	IRA3×IRA8	4.50^{ns}	**14.24***	5.42^{ns}	1.12^{ns}	2.72^{ns}	-1.62^{ns}	-2.16^{ns}	0.18*	0.01^{ns}	0.08^{ns}	
	IRA8×IRA3	D=17	D=61	D=19	D=17	D=17	D=11	D=16	D=45	D=10	D=3	**216**
11	IRA3×IRA10	4.00^{ns}	**15.98***	2.59^{ns}	0.90^{ns}	7.98^{ns}	**-6.10***	-6.16^{ns}	0.09^{ns}	**0.03***	**0.97***	
	IRA10×IRA3	D=24	D=63	D=13	D=25	D=49	D=55	D=63	D=26	D=39	D=43	400
12	IRA3×IRA12	-7.00^{ns}	0.50^{ns}	2.56^{ns}	-0.04^{ns}	4.85^{ns}	-4.03^{ns}	-0.08^{ns}	0.09^{ns}	0.02^{ns}	-0.01^{ns}	
	IRA12×IRA3	D=12	D=1	D=15	D=4	D=26	D=30	D=1	D=28	D=23	D=2	**142**
13	IRA5×IRA2	-8.00^{ns}	-11.10^{ns}	-2.18^{ns}	-0.32^{ns}	5.46^{ns}	-5.52^{ns}	-0.76^{ns}	0.05^{ns}	0.02^{ns}	0.56^{ns}	
	IRA2×IRA5	D=21	D=16	D=12	D=3	D=32	D=26	D=6	D=17	D=26	D=27	**186**
14	IRA5×IRA4	3.50^{ns}	-2.52^{ns}	2.68^{ns}	0.62^{ns}	4.71^{ns}	-3.40^{ns}	-3.02^{ns}	-0.03^{ns}	0.00^{ns}	0.64^{ns}	
	IRA4×IRA5	D=8	D=13	D=10	D=10	D=24	D=21	D=23	D=7	D=1	D=30	**147**
15	IRA5×IRA6	-11.00^{ns}	2.18^{ns}	1.73^{ns}	1.18^{ns}	-0.82^{ns}	0.78^{ns}	-5.49^{ns}	0.13^{ns}	0.01^{ns}	-0.50^{ns}	
	IRA6×IRA5	D=34	D=6	D=8	D=19	D=6	D=7	D=55	D=31	D=3	D=21	**190**
16	IRA5×IRA8	3.00^{ns}	5.65^{ns}	-0.78^{ns}	-0.23^{ns}	2.75^{ns}	-2.92^{ns}	-1.30^{ns}	0.02^{ns}	0.00	-0.35^{ns}	
	IRA8×IRA5	D=16	D=18	D=3	D=8	D=15	D=24	D=14	D=12	D=5	D=11	**126**
17	IRA5×IRA10	-5.50^{ns}	2.52^{ns}	7.46^{ns}	0.84^{ns}	6.37^{ns}	-6.43^{ns}	-0.18^{ns}	0.09^{ns}	0.02^{ns}	0.29^{ns}	
	IRA10×IRA5	D=47	D=9	D=23	D=15	D=37	D=20	D=3	D=25	D=28	D=16	**233**
18	IRA5×IRA12	-2.25^{ns}	2.08^{ns}	**12.66***	1.18^{ns}	**13.31***	**-10.61***	0.50^{ns}	0.10^{ns}	**0.03***	**0.81***	
	IRA12×IRA5	D=10	D=8	D=54	D=19	D=58	D=54	D=19	D=32	D=32	D=56	342
19	IRA7×IRA2	-10.50^{ns}	2.80^{ns}	1.24^{ns}	**1.88***	6.06^{ns}	-3.44^{ns}	**-7.45***	0.13^{ns}	**0.03***	0.07^{ns}	
	IRA2×IRA7	D=19	D=8	D=18	D=53	D=35	D=36	D=64	D=36	D=27	D=3	299
20	IRA7×IRA4	-0.75^{ns}	10.74^{ns}	3.69^{ns}	1.05^{ns}	**12.60***	**-11.16***	0.25^{ns}	**0.22***	**0.05***	0.42^{ns}	
	IRA4×IRA7	D=16	D=35	D=18	D=17	D=54	D=45	D=5	D=48	D=40	D=19	297
21	IRA7×IRA6	**-23.75***	5.09^{ns}	1.84^{ns}	**3.80***	1.86^{ns}	-0.97^{ns}	0.91^{ns}	**0.24***	**0.05***	0.18^{ns}	
	IRA6×IRA7	D=66	D=9	D=9	D=70	D=13	D=19	D=13	D=59	D=57	D=10	325
22	IRA7×IRA8	-7.25^{ns}	14.94^{ns}	1.69^{ns}	1.10^{ns}	5.37^{ns}	-1.82^{ns}	-3.04^{ns}	**0.18***	0.02^{ns}	**-0.71***	
	IRA8×IRA7	D=28	D=43	D=14	D=21	D=34	D=15	D=25	D=39	D=31	D=34	284
23	IRA7×IRA10	-10.50^{ns}	0.76^{ns}	1.92^{ns}	0.80^{ns}	-0.44^{ns}	0.61^{ns}	-3.68^{ns}	**0.19***	**0.04***	0.10^{ns}	
	IRA10×IRA7	D=45	D=2	D=11	D=16	D=5	D=6	D=30	D=46	D=40	D=5	**206**
24	IRA7×IRA12	**-22.50***	6.68^{ns}	8.72^{ns}	1.39^{ns}	4.97^{ns}	**-5.55***	-0.97^{ns}	**0.19***	**0.05***	**1.01***	
	IRA12×IRA7	D=67	D=21	D=25	D=26	D=32	D=51	D=17	D=40	D=51	D=43	373
25	IRA9×IRA2	-4.50^{ns}	10.60^{ns}	5.63^{ns}	**1.90***	-0.98^{ns}	1.73^{ns}	-1.85^{ns}	0.15^{ns}	0.02^{ns}	-0.12^{ns}	
	IRA2×IRA9	D=14	D=24	D=21	D=50	D=7	D=12	D=18	D=30	D=16	D=4	**196**
26	IRA9×IRA4	-5.00^{ns}	4.89^{ns}	6.78^{ns}	**3.00***	3.10^{ns}	-2.67^{ns}	0.36^{ns}	**0.17***	**0.03***	0.46^{ns}	
	IRA4×IRA9	D=29	D=18	D=24	D=65	D=19	D=23	D=4	D=42	D=47	D=20	291
27	IRA9×IRA6	3.50^{ns}	17.45^{ns}	4.95^{ns}	**2.28***	-6.57^{ns}	4.97^{ns}	-0.56^{ns}	0.11^{ns}	0.02^{ns}	0.48^{ns}	
	IRA6×IRA9	D=3	D=42	D=18	D=53	D=40	D=41	D=6	D=15	D=7	D=22	**233**
28	IRA9×IRA8	-0.25^{ns}	5.44^{ns}	7.55^{ns}	0.27^{ns}	3.30^{ns}	-1.02^{ns}	-5.01^{ns}	0.09^{ns}	0.02^{ns}	-0.08^{ns}	
	IRA8×IRA9	D=4	D=8	D=24	D=5	D=22	D=12	D=31	D=27	D=17	D=15	**165**
29	IRA9×IRA10	-3.25^{ns}	14.90^{ns}	2.43^{ns}	1.10^{ns}	3.47^{ns}	-2.35^{ns}	-5.78^{ns}	**0.14***	**0.04***	0.78^{ns}	
	IRA10×IRA9	D=10	D=38	D=17	D=18	D=20	D=22	D=52	D=42	D=59	D=38	316
30	IRA9×IRA12	0.25^{ns}	**23.05***	2.19^{ns}	0.88^{ns}	-5.64^{ns}	4.67^{ns}	-5.14^{ns}	0.01^{ns}	0.01^{ns}	-0.45^{ns}	
	IRA12×IRA9	D=1	D=56	D=19	D=13	D=34	D=38	D=49	D=4	D=12	D=16	**242**
31	IRA11×IRA2	-2.25^{ns}	9.86^{ns}	0.97^{ns}	0.98^{ns}	4.28^{ns}	-2.91^{ns}	-2.70^{ns}	0.08^{ns}	**0.05***	**0.78***	
	IRA2×IRA11	D=13	D=27	D=10	D=15	D=27	D=20	D=16	D=27	D=53	D=37	**245**
32	IRA11×IRA4	0.25^{ns}	9.16^{ns}	3.72^{ns}	1.14^{ns}	3.97^{ns}	-1.46^{ns}	**-8.40***	0.07^{ns}	0.01^{ns}	-0.33^{ns}	
	IRA4×IRA11	D=2	D=25	D=16	D=21	D=21	D=19	D=43	D=24	D=15	D=10	**196**
33	IRA11×IRA6	-10.00^{ns}	0.34^{ns}	13.82^{ns}	2.34^{ns}	5.56^{ns}	**-6.12***	-0.33^{ns}	**0.12***	0.03^{ns}	0.51^{ns}	
	IRA6×IRA11	D=54	D=1	D=10	D=57	D=33	D=53	D=13	D=38	D=33	D=6	295
34	IRA11×IRA8	-10.25^{ns}	-2.00^{ns}	3.81^{ns}	0.32^{ns}	1.77^{ns}	-0.15^{ns}	-0.78^{ns}	0.05^{ns}	0.01^{ns}	-0.29^{ns}	
	IRA8×IRA11	D=46	D=3	D=14	D=9	D=13	D=4	D=8	D=20	D=14	D=19	**140**
35	IRA11×IRA10	-10.00^{ns}	-1.56^{ns}	1.79^{ns}	1.21^{ns}	6.34^{ns}	**-5.95***	-2.47^{ns}	0.08^{ns}	0.02^{ns}	0.46^{ns}	
	IRA10×IRA11	D=13	D=5	D=6	D=24	D=39	D=52	D=15	D=28	D=25	D=21	**228**
36	IRA11×IRA12	-12.25^{ns}	-6.54^{ns}	5.85^{ns}	0.29^{ns}	**12.02***	**-11.30***	-2.08^{ns}	**0.15***	0.02^{ns}	-0.43^{ns}	
	IRA12×IRA11	D=47	D=9	D=33	D=6	D=54	D=50	D=13	D=46	D=31	D=17	308
	مادر چینی > مادر ژاپنی Chinese mother> Japanese mother	26	8	7	6	7	30	30	1	0	15	
	موارد با اختلاف معنی‌دار statistically significant cases	2	4	4	6	4	8	2	12	12	6	

* تفاوت معنی‌دار آماری در سطح پنج درصد؛ **: تفاوت معنی‌دار آماری در سطح یک درصد؛ ns: تفاوت غیر معنی‌دار آماری

ns: not-significant; * (P< 0.05); ** (P< 0.01)

جدول ۳- میانگین مربعات صفات مختلف در تجزیه لاین × تستر دو برنامه آمیزشی در کرم ابریشم

Table 3- Mean squares of different traits in the line × tester analysis of the two mating plans in the silkworm

منبع تغییرات S.O.V	نوع آمیخته Cross type	تعداد پیله در لیتر Cocoon number /liter	وزن پیله در لیتر (گرم) Cocoon weight /liter (g)	درصد شفیرگی Pupation rate (%)	تولید پیله برای ۱۰۰۰۰ لارو (کیلو گرم) Coocon Yeild/ 10,000 Larvae (kg)	درصد پیله‌های خوب Best cocoon percentage (%)	درصد پیله‌های متوسط Middle cocoon percentage (%)	درصد تفریخ Hatchability (%)	وزن پیله (گرم) Cocoon weight (g)	وزن قشر پیله (گرم) Cocoon shell weight (g)	درصد قشر پیله Cocoon shell percentage (%)
ژنوتیپ	J × C	580.75**	497.75**	102.40**	7.478**	61.80**	56.440**	18.301**	0.151**	0.006**	1.460**
Genotype	C × J	407.473**	426.85**	129.228**	5.3065**	70.290**	61.274**	7.823**	0.074**	0.003**	1.643**
والدین	J × C	310.112**	1206.41**	74.173**	12.051**	88.47**	84.023**	9.376^{ns}	0.054**	0.003**	1.619**
Parents	C × J	310.112**	1190.335**	74.173**	12.051**	88.471**	84.023**	9.376^{ns}	0.054**	0.003**	1.619**
والدین در مقابل آمیخته‌ها	J × C	19378.96**	534.19**	1846.47**	157.293**	1271.07**	1289.827**	20.502^{ns}	5.623**	0.222**	0.643^{ns}
Parents vs. crosses	C × J	17561.63**	623.153**	732.434*	143.632**	1342.121**	11360.43**	18.334^{ns}	2.284**	0.082**	0.159^{ns}
آمیخته‌ها	J × C	128.847**	279.50**	61.443**	1.760**	18.866**	12.531**	21.044**	0.089**	0.0006^{ns}	3.856**
Crosses	C × J	115.686**	196.072**	136.34**	2.1192^{ns}	62.270**	48.9748**	5.001**	0.007^{ns}	0.0042**	0.014^{ns}
لاین (والد ماده)	J × C	217.994**	670.10**	213.74**	4.5562**	68.200**	38.207**	5.2410^{ns}	0.015*	0.001^{ns}	1.523**
Line (female)	C × J	402.1**	164.72**	242.108**	4.7610*	173.698**	109.067**	14.631**	0.050**	0.0003^{ns}	4.171**
تستر (والد نر)	J × C	273.078**	308.333**	61.801*	1.2699^{ns}	18.571**	7.527*	15.324^{ns}	0.015*	0.002*	0.931**
Tester (male)	C × J	152.6166**	717.87**	112.971*	2.4533^{ns}	30.274*	27.378*	1.605^{ns}	0.030**	0.002*	4.038**
برهم‌کنش لاین در تستر	J × C	82.171**	195.61**	30.913^{ns}	1.299^{ns}	9.058**	8.397**	25.342^{ns}	0.02*	0.0006^{ns}	0.055^{ns}
Line × tester	C × J	51.0166*	97.983**	119.86*	1.52407^{ns}	46.383**	41.276**	3.754^{ns}	0.007^{ns}	0.001^{ns}	0.730*
خطا	J × C	20.7586	45.8449	21.77	1.2773	6.3823	4.5971	9.0200	0.0016	0.0001	0.1296
Error	C × J	33.252	44.053	56.189	1.8396	12.734	10.722	3.195	0.0018	0.0001	0.1362

J × C: آمیزش لاین‌های ژاپنی‌شکل با تسترهای چینی‌شکل (مستقیم)

C × J: آمیزش لاین‌های چینی‌شکل با تسترهای ژاپنی‌شکل (معکوس)

J × C: Japanese-shape lines and Chinese-shape testers mating (Direct)

C × J: Chinese-shape lines and Japanese-shape testers (Reverse)

* تفاوت معنی‌دار آماری در سطح پنج درصد؛ **: تفاوت معنی‌دار آماری در سطح یک درصد؛ ns: تفاوت غیر معنی‌دار آماری

ns: Not-significant; * ($P< 0.05$); ** ($P< 0.01$)

با مقایسه منابع مختلف تنوع در جدول ۳ بین گروه آمیزش‌های مستقیم و معکوس مشخص شد که برای چهار صفت (تعداد پیله در لیتر، وزن پیله در لیتر، درصد پیله‌های خوب و درصد پیله‌های متوسط)، برای همه اجزای تجزیه لاین × تستر، تفاوت‌ها معنی‌دار و برای شش صفت (درصد شفیرگی، درصد تفریخ، وزن پیله به‌ازاء ۱۰۰۰۰ لارو، وزن پیله، وزن قشر پیله و درصد قشر پیله) تنها برخی معنی‌دار بودند ($P< 0.01, P< 0.05$).

اثر والدین در همه صفات به‌جز صفت درصد تفریخ در هر دو نوع تلاقی مستقیم و معکوس معنی‌دار بود ($P< 0.01$). مقایسه اثر والدین در مقابل آمیخته‌ها که نشانه متوسط هتروزیس در کل تلاقی‌ها می‌باشد، نشان داد که اثر کلیه صفات به‌جز صفات درصد قشر پیله و درصد تفریخ در مادر ژاپنی‌ها و مادر چینی‌ها بسیار معنی‌دار بود ($P< 0.01$). اثر آمیخته (نتاج) هم نشان داد که در آمیخته‌های مستقیم، تفاوت برای صفت وزن قشر پیله معنی‌دار نبود و در آمیخته‌های معکوس برای سه صفت وزن پیله تولیدی ۱۰۰۰۰ لارو، وزن پیله و درصد قشر پیله معنی‌دار نبود (جدول ۳). نتایج اثر آمیخته نیز نشان داد که بین تلاقی مستقیم و معکوس برای صفات وزن پیله و وزن قشر پیله و صفات مرتبط با آن یعنی وزن پیله ۱۰ هزار لارو و درصد قشر پیله تفاوت وجود دارد و این موضوع نتایج حاصل از بررسی تفاوت‌های آمیخته‌های متقابل (جدول ۲) را تأیید کرد.

مقایسه دو برنامه آمیزشی برای اثر برهم‌کنش لاین × تستر نشان داد که این اثر در دو برنامه آمیزشی یکسان نیست. برای آمیخته‌های با پایه مادری ژاپنی در پنج صفت (درصد شفیرگی، وزن پیله تولیدی ۱۰۰۰۰ لارو، وزن قشر پیله، درصد قشر پیله و درصد تفریخ) این اثر غیرمعنی‌دار بود ($P< 0.05$)، لیکن برای آمیخته‌های با پایه مادری چینی برای چهار صفت (وزن پیله ۱۰۰۰۰ لارو، وزن قشر پیله، وزن پیله و درصد تفریخ) معنی‌دار نبود. دلیل تفاوت بین آمیخته‌ها برای این سه اثر در دو سیستم آمیخته مستقیم و معکوس را می‌توان به اثر والد مادری نسبت داد، به این معنی که اثر سیتوپلاسمی مادری ممکن است منجر به ایجاد این تفاوت شده باشد. بنابراین، نتایج نشان داد که جنسیت والدین در آمیخته‌گری دو والدی کرم ابریشم در برخی صفات تأثیر زیادی بر نتاج دارد که این موضوع در تحقیقات دیگر نیز گزارش شده است. در تحقیقی اثر آمیخته، به‌جز صفت درصد ماندگاری شفیره غیر معنی‌دار بود؛ اثر لاین برای همه صفات به‌جز دو صفت درصد شفیرگی و طول تار ابریشمی غیر معنی‌دار بود و برای اثر تستر نیز، به‌جز سه صفت درصد تفریخ، باروری و طول تار، برای بقیه صفات غیرمعنی‌دار بود (Sahan, 2020). در گزارشی، بیشترین سهم اثر متقابل لاین × تستر برای صفت عملکرد پیله بود (Ravindra-Singh *et al*., 2003). تجزیه ترکیب‌پذیری شش صفت کمّی نشان داد که اثر آمیخته متقابل برای صفات وزن پیله و وزن قشرپیله معنی‌دار است (Talebi and Kamjoo., 2013).

در تحقیق دیگری، اثر آمیخته دوطرفه، برای شش صفت درصد تفریخ، راندمان پرورش، وزن پیله، وزن قشر پیله، درصد قشر پیله و تولید پیله معنی‌دار و برای دو صفت باروری و وزن لاروی غیر معنی‌دار بود (Luikham *et al*., 2022). همچنین اثر تلاقی دوطرفه در آمیخته‌های نسل اول روی صفات وزن پیله، وزن قشر پیله، درصد قشر پیله، طول الیاف، نسبت پیله به ابریشم خام و شاخص قطر در دو نژاد چندنسله Pure Mysore و Nistari و دو نژاد دونسله C_{108} و NB_4D_2 بررسی شد. نتایج نشان داد که در آمیخته‌های متقابل[1] حاصل از ماده NB_4D_2 با نرهای Pure Mysore و Nistari، صفاتی نظیر وزن پیله، وزن قشر پیله و طول الیاف بهبود یافت، امّا تفاوت معنی‌داری بین آمیخته متقابل ماده C_{108} با نرهای Pure Mysore و Nistari مشاهده نشد (Talebi *et al*., 2011). همچنین بررسی هشت لاین دونسله اینبرد کرم ابریشم و آمیخته‌های تجاری مستقیم و معکوس آن‌ها در یک آنالیز دی‌آلل کامل نشان داد که اثر متقابل در تمامی صفات مورد بررسی معنی‌دار است (Goel *et al*., 2010).

برآورد پارامترهای ژنتیکی

مقایسه پارامترهای ژنتیکی در دو جمعیت (جدول ۴) نیز می‌تواند اطلاعات ارزشمندی از ابعاد ژنتیکی تفاوت‌ها در آمیزش‌های متقابل کرم ابریشم آمیخته تجاری ارائه نماید. این پارامترها در هر جمعیت به‌طور جداگانه برآورد شدند. مقایسه پارامترهای ژنتیکی در دو جمعیت به‌وضوح تفاوت‌های زیادی را در بیشتر آن‌ها نشان داد که می‌توانند دلیلی بر اختلاف عملکرد صفات مختلف در آمیخته‌های متقابل باشد.

نسبت σ^2_{gca} / σ^2_{sca} برای سه صفت وزن پیله، وزن قشر پیله و درصد قشر پیله (صفات مهم در ارزیابی پیله) در آمیخته‌های مادر ژاپنی بین ۰/۵ تا یک بوده، لیکن در آمیخته‌های مادر چینی بیش از یک است. ضریب بیکر و مقادیر وراثت‌پذیری عام و خاص نیز نشان داد که اثرات ژنتیکی افزایشی برای این سه صفت در آمیخته‌های مادر چینی بیشتر از مادر ژاپنی است.

صفت تعداد پیله در لیتر به‌عنوان شاخص اندازه پیله نیز همانند سه صفت وزن پیله، وزن قشر پیله و درصد قشر پیله در آمیخته‌های مادر چینی بیشتر تحت تأثیر اثرات ژنی افزایشی بود، لیکن در آمیخته‌های مادر ژاپنی تقریباً اثرات ژنی افزایشی و غیر افزایشی برابر است. برای صفت وزن پیله در لیتر نیز وضعیت مشابه است، ولی نقش اثرات ژنی غیر افزایشی در هر دو گروه بیشتر است. به عبارتی، ضمن اینکه اثرات ژنی افزایشی در مادر چینی‌ها بیشتر از مادر ژاپنی‌ها بود، لیکن نسبت σ^2_{gca} / σ^2_{sca} کمتر از یک است. در صورتی که نسبت σ^2_{gca} / σ^2_{sca} بزرگ‌تر از یک باشد، نشان‌دهنده واریانس ژنتیکی افزایشی و در صورتی که کمتر از یک باشد، نشان‌دهنده اهمیت واریانس ژنتیکی غیر افزایشی است (Choukan, 2008).

1- Reciprocal hybrids

جدول ٤- اثرات ژنی و پارامترهای ژنتیکی صفات حاصل از تجزیه لاین × تستر دو برنامه آمیزشی در کرم ابریشم

Table 4- The genetic effects and genetic parameters of traits derived from in the line × tester analysis of the two mating plans in the silkworm

پارامترهای ژنتیکی Genetic parameters	نوع آمیخته Cross type	تعداد پیله در لیتر Cocoon number /liter	وزن پیله در لیتر (گرم) Cocoon weight/liter (g)	درصد شفیرگی Pupation rate (%)	تولید پیله برای ۱۰۰۰۰ لارو (کیلو گرم) Coocon Yeild/ 10,000 Larvae (kg)	درصد پیله‌های خوب Best cocoon percentage (%)	درصد پیله‌های متوسط Middle cocoon percentage (%)	درصد تفریخ Hatchability (%)	وزن پیله (گرم) Cocoon weight (g)	وزن قشر پیله (گرم) Cocoon shell weight (g)	درصد قشر پیله Cocoon shell Percentage (%)
واریانس افزایشی	J × C	21.959	43.191	11.056	0.132	3.541	-0.198	-0.099	0.007	0.0001	0.330
Additive variance	C × J	23.579	38.623	10.730	0.131	-0.078	5.482	0.412	0.005	0.0004	0.517
واریانس غالبیت	J × C	19.245	46.038	6.368	0.245	1.866	1.812	5.773	0.005	0.0005	0.296
Dominant variance	C × J	10.676	21.743	26.453	0.266	10.800	9.649	0.739	0.003	0.0002	0.228
واریانس ترکیب‌پذیری خصوصی/واریانس ترکیب‌پذیری عمومی	J × C	0.570	0.469	0.868	0.269	0.949	-	-	0.681	0.876	0.557
δ^2sca/ δ^2gca	C × J	1.104	0.888	0.203	0.246	-	0.284	0.279	1.001	1.236	1.132
ضریب بیکر	J × C	0.533	0.484	0.635	0.350	0.655	-	-	0.577	0.637	0.527
Baker ratio	C × J	0.688	0.640	0.289	0.330	-	0.362	0.358	0.658	0.712	0.694
درجه غالبیت	J × C	1.324	1.460	1.073	1.929	1.027	-	-	1.211	1.068	1.340
Degree of dominance	C × J	0.952	1.061	2.220	2.017	-	1.876	1.893	0.995	0.900	0.940
وراثت‌پذیری عام	J × C	0.888	0.886	0.762	0.541	0.772	-	-	0.95	0.940	0.935
Broad sense heritability	C × J	0.805	0.846	0.726	0.463	-	0.850	0.590	0.929	0.942	0.943
وراثت‌پذیری خاص	J × C	0.377	0.406	0.189	0.154	0.186	-	-	0.497	0.416	0.501
Narrow sense heritability	C × J	0.554	0.541	0.209	0.153	-	0.308	0.212	0.611	0.671	0.654
سهم لاین‌ها از واریانس	J × C	24.17	34.25	49.69	36.98	51.64	43.56	3.56	55.36	44.82	38.99
Contribution of lines	C × J	49.65	12.00	25.37	32.09	39.85	31.82	41.79	44.45	42.53	35.34
سهم تسترها از واریانس	J × C	30.28	15.76	14.37	10.31	14.06	8.58	10.40	9.21	22.26	15.10
Contribution of testers	C × J	18.85	52.30	11.84	16.54	6.95	7.99	4.59	23.03	24.56	34.22
سهم اثر متقابل لاین‌ها و تسترها از واریانس	J × C	45.55	49.99	35.94	52.71	34.30	47.86	86.04	46.43	43.02	47.01
Contribution of line × tester	C × J	31.50	35.70	62.79	51.37	53.21	60.21	53.62	33.62	34.01	30.54

J × C: آمیزش لاین‌های ژاپنی‌شکل با تسترهای چینی‌شکل (مستقیم)

C × J: آمیزش لاین‌های چینی‌شکل با تسترهای ژاپنی‌شکل (معکوس)

-: به‌دلیل منفی بودن واریانس اثر افزایشی در برخی صفات، مقادیر پارامترهای ژنتیکی در برخی صفات قابل تخمین نبود و با علامت (-) نشان داده شد.

J × C: Japanese-shape lines and Chinese-shape testers mating (Direct)

C × J: Chinese-shape lines and Japanese-shape testers (Reverse)

-: Due to the negative value of the variance of the additive effect in some traits, the values of the genetic parameters in some traits could not be estimated and they are shown with a (-).

در این تحقیق، صفات درصد تفریخ، درصد پیله‌های متوسط و درصد پیله‌های خوب دارای برآورد منفی برای واریانس‌های افزایشی و غالبیت بودند که خود باعث منفی شدن نسبت σ^2_{gca} /σ^2_{sca} شد. برآورد منفی برای σ^2_A و σ^2_D براساس نظر ماتر و جینکز می‌تواند ناشی از عدم کفایت مدل آماری تجزیه ژنتیکی، عدم کفایت نمونه‌برداری از جمعیت مرجع، خطای نمونه‌برداری در برآوردها یا ضعف طرح آزمایشی باشد (Roy, 2000).

در جدول ۴، مقایسه پارامترهای ژنتیکی صفت تولید پیله به‌ازای ۱۰۰۰۰ لارو به‌عنوان یک شاخص مهم در ارزیابی عملکرد یک واحد نوغانداری، نشان داد که آمیخته‌های مستقیم و معکوس به عبارتی، جایگزینی لاین و تستر بر پارامترها تأثیری نداشته و برای هر دو گروه، تحت اثرات ژنی غیر افزایشی است. به عبارتی، واریانس غالبیت نقش پررنگ‌تری در بروز ژنتیکی این صفت دارد. برعکس صفات مرتبط با پیله، درصد شفیرگی به‌عنوان شاخص ماندگاری در مادر ژاپنی‌ها بیشتر از مادر چینی‌ها بود. این صفت براساس مقادیر پارامترهای ژنتیکی، در آمیخته‌های مادر ژاپنی تحت تأثیر اثرات ژنی افزایشی بود، لیکن در آمیخته‌های مادر چینی متأثر از اثرات ژنی غیر افزایشی بوده و واریانس غالبیت تقریباً ۲/۵ برابر واریانس افزایشی بود. در پژوهشی، نسبت σ^2_{gca} /σ^2_{sca} برای صفاتی نظیر وزن پیله، وزن قشر پیله و طول فیلامنت بیشتر از یک و برای صفات درصد قشر پیله، قطر تار و نسبت پیله به ابریشم خام کمتر از یک بود. تجزیه دی آلل نشان داد که وزن پیله، وزن قشر پیله و طول تار ابریشمی تحت کنترل ژن‌های افزایشی و صفات درصد قشر پیله و قطر تار ابریشمی توسط اثرات غیر افزایشی کنترل می‌شوند (Talebi *et al*., 2009). همچنین برای صفات طول دوره لاروی، طول دوره پیله تنی و طول دوره شفیرگی ژن‌های غیر افزایشی نقش اساسی دارند (Satenahalli *et al*., 2001). البته نتایج متناقض در مورد اهمیت نسبی عمل افزایشی و غیر افزایشی ژن‌ها در صفات مختلف، ممکن است به‌دلیل تنوع ژنتیکی نژادهای مختلف کرم ابریشم در مطالعات مختلف باشد.

اگر درجه غالبیت مساوی صفر باشد روابط آللی، بدون غالبیت؛ برابر یک، غالبیت کامل؛ بزرگ‌تر از یک، فوق‌غالبیت؛ بین صفر و یک، غالبیت ناقص و بین ۰ تا ۰/۵-، غالبیت سرگردان می‌باشد (Hassanpanah *et al*., 2013). برآورد متوسط درجه غالبیت صفات مورد مطالعه (جدول ۴) برای سیستم آمیزشی مبتنی بر مادر ژاپنی نشان داد که برای تمامی صفات روابط آللی از نوع غالبیت کامل و فوق غالبیت بود. لیکن برای مادر چینی‌ها صفات انفرادی پیله و تعداد پیله در لیتر دارای غالبیت نزدیک به کامل بودند، ولی نوع غالبیت برای دو صفت درصد شفیرگی و تولید پیله به‌ازای ۱۰۰۰۰ لارو فوق غالبیت بود.

مقادیر h^2_B و h^2_N (جدول ۴) نشان داد که نوع سیستم آمیزشی تأثیری بر وراثت‌پذیری عام ندارد؛ لیکن وراثت‌پذیری خاص در آمیخته‌های مادر چینی بیشتر از مادر ژاپنی بود. صفات انفرادی پیله، تعداد پیله در لیتر و وزن پیله در لیتر، وراثت‌پذیری متوسط به بالا داشتند، لیکن صفات پیله تولیدی به‌ازاء ۱۰۰۰۰ لارو و درصد شفیرگی، وراثت‌پذیری متوسط به پایین نشان دادند. این نتایج با گزارش‌های محققین دیگر درخصوص وراثت‌پذیری صفات مطابقت دارد (Asadpour *et al*., 2023; Zambrano-Gonzalez *et al*., 2021; Singh, *et al*., 2011). مقدار پایین برآوردهای وراثت‌پذیری عمومی در صفت پیله تولیدی به‌ازاء ۱۰ هزار لارو، ناشی از اهمیت اثرات محیطی و اثر متقابل ژنوتیپ در محیط در بروز صفات است. وجود اختلاف زیاد بین وراثت‌پذیری عام و خاص در همه صفات نشان‌دهنده سهم بیشتر اثرات غیر افزایشی ژن‌ها و وجود اثر فوق غالبیت در کنترل ژنتیکی این صفات می‌باشد که با مقادیر درجه غالبیت مطابقت دارد. وراثت‌پذیری خصوصی پایین در صفات درصد شفیرگی، درصد پیله‌های خوب، تولید پیله به‌ازای ده هزار لارو درصد تفریخ در این تحقیق نشان می‌دهد که انتخاب اصلاح نژادی به‌منظور بهبود این صفات ،بازده ژنتیکی مطلوبی نداشته و بهتر است از طریق آمیخته‌گری بهبود یابد.

نتیجه گیری کلی

تحقیق حاضر با بررسی تفاوت عملکرد صفات در آمیخته‌های حاصل از آمیزش‌های دوطرفه به‌خوبی توانست اثر والد مادری و به‌طور کلی، تلاقی‌های متقابل را بر صفات مهم اقتصادی کرم ابریشم نشان دهد. به‌طور کلی، باتوجه به اینکه تنها برخی صفات تحت تأثیر آمیزش‌های دو طرفه قرار گرفته و این تأثیر حداکثر در ۳۳ درصد جفت آمیخته‌ها بود، می‌توان استنباط نمود که اثر آمیزش‌های متقابل در آمیخته‌گری کرم ابریشم فراگیر نبوده و لازم است برای والدین مختلف بررسی و ارزیابی شود. به‌علاوه، چون با احتمال زیاد لاین مادری ژاپنی‌شکل حداقل بر وزن پیله و وزن قشر پیله آمیخته حاصل اثر معنی‌داری دارد، امکان ایجاد اختلاف عملکرد در آمیخته‌های متقابل زیاد است. مقایسه آمیخته مستقیم و معکوس بر مبنای مجموع تفاوت‌ها در صفات مختلف مورد بررسی توانست شیوه‌ای مطمئن برای حذف جفت آمیخته‌های نامطلوب ارائه نماید. این تحقیق در استان گیلان انجام شد، لیکن چنانچه لازم باشد که آمیخته‌های برتر در اقلیم‌های مختلف استفاده شود، لازم است که این ارزیابی و مقایسه، حداقل در اقلیم گرم و خشک نیز انجام و نتایج آن با تحقیق حاضر مقایسه شود.

References

1. Alipanah, M., Abedian, Z., Nasiri, A., & Sarjamei, F. (2020). Performance of seven silkworm varieties in Torbat Heydarieh. *Iranian Journal of Animal Science Research, 12*(3), 399-409. (In Persian). https://doi.org/10.22067/ijasr.v12i3.75418
2. Asadpour A. A., Hosseini Moghaddam, S. H., Rabiei, B., Zarbafi S. S., Mirhoseini, S. Z., & Nematollahian, S. H. (2023). The effect of temperature on combining ability and genetic parameters of parental silkworm Lines (*Bombyx mori L.*). *Ecological Genetics and Genomics, 26*, 100161. https://doi.org/10.1016/j.egg.2023.100161
3. Baker, R. J. (1978). Issues in diallel analysis, *Crop Science, 18*, 533-537.
4. Choukan, R. (2008). Methodes of genetical analysis of quantitative traits in plant breeding. AEERO. *Seed and plant improvement institute 1th Edition.* 83-96. (In Persian)
5. Crusio, W. E. (1987). A note on the analysis of reciprocal effects in diallel crosses, *Journal of Genetics, 66(3),* 177-185.
6. ESCAP (1993). Principle and Techniques of Silkworm Breeding. United Nations, New York.
7. Goel, A. K., Chandrashekharaiah, H., & Maheshwar-Rao, Y. U. (2010). Evaluation of general and specific combining ability in newly synthesized inbred lines of bivoltine silkworm (*Bombyx mori L.*). *International Journal of Industrial Entomology, 20,* 79-85.
8. Hassanpanah, D. (2013). The comparative observation of quantitative characteristics, heterosis and dominance degree in hybrids derived from breeding populations of true potato seed. *Journal of Crop Ecophysiology, 3*(27), 276-259. (In Persian with English abstract)
9. Hosseini Moghaddam, S. H .(2013) Principles of silkworm rearing. University of Guilan Press. Second Edition, Iran.(In Persian)
10. Khordadi, M. R., Hosseini Moghaddam, S. H., Sabouri, A., & Mahfoozi, K. (2023). Commercial silkworm hybrids comparison based on cocoons and silk thread performance of Guilan sericulturists. *Animal Production Research, 12(4),* 89-103. (In Persian with English abstract)
11. Kempthorne, O. (1957). An introduction of genetic statistics, John Willey & Sons Inc. New York, USA, 468-473.
12. Khordadi, M. R., Hosseini Moghaddam, S. H., Sabouri, A., & Mahfoozi, K. (2021). Introducing superior silkworm hybrids for different geographical regions of Guilan province. *Animal production Research, 10,* 25-38. (In Persian with English abstract). https://doi.org/10.22124/ar.2021.17506.1556
13. Luikham, R., Gogoi, K., Aftab, A. Shabnam, A., & Vijayakumari, K. M. (2022). Combining ability analysis of four ecoraces and C2 breed of Eri silkworm, Samia ricini Donovan. *Plant Archives, 22, Special Issue (VSOG),* 56-60. https://doi.org/10.51470/2022.v22.012
14. Mavvajpoor, M., Mirhosseini, S. Z., Hosseini Moghaddam, S. H., Nematollahian, S., Rafiee, F., Ghavi Hossein-Zadeh, N., &Kheirkhah Rahimabad, Y. (2021). Rejuvenation and multiple-trait selection in the five chinese-shape of parental silkworms. *Iranian Journal of Animal Science Research, 13*(3), 463-474. (In Persian with English abstract) https://doi.org/10.22067/ijasr.2021.38311.0
15. Mohamed-Farouk, M., & El-Kader, A. B. D. (2021). Line x Tester analysis economic traits in Tomato (*Solanum lycopersicum* L.) under high-temperature of Al-Kharj, Saudi Arabia conditions. *Journal of Sohag Agriscience (JSAS), 6*(2), 111-122.
16. Mirhoseini, S. Z., Mawajpoor, M., Nematollahian, S., Hosseini Moghaddam, S. H., Rafeie, F., Ghavi Hossein-Zadeh, N., &Kheirkhah, Y .(2021) Study of multiple-trait selection in new Iranian silkworm genotypes- Chinese-shape parents. *Animal Production Research,* 10(1), 1-11. (In Persian with English abstract). https://doi.org/10.22124/ar.2021.15342.1487
17. Nematollahian, S., & Alipanah, M. (2022). Some production traits performance of Iranian and Chinese silkworm hybrids in two regions of Iran. *Animal Production, 24*(2), 139-149. (In Persian with English abstract). https://doi.org/10.22059/jap.2022.332425.623648
18. Rao, D. R., Ravindra-Singh, P. V., Kariappa, B. K., Rekha, M., & Jayaswal, K. P. (2002). Manifestation of hybrid vigour and combining ability in polyvoltine × bivoltine hybrids of silkworm, *Bombyx mori* (L). *International Journal of Industrial Entomology, 4,* 23–30.
19. Ravindra-Singh, P. V., Rao, D. R, Kariappa, B. K., Premalatha, V., & Dandin, S. B. (2003). Studies on the analysis of combining ability in mulberry silkworm, *Bombyx mori* (L). *International Journal of Industrial Entomology, 6,* 107–113.
20. Roy, D. (2000). Plant breeding analysis and exploitation of variation. NAROSA Pub. House, New Delhi.
21. Sahan, U. (2020). Identifying parents and generating hybrids with high combining ability for yielding fresh cocoon and raw silk in silkworm (*Bombxy mori* L.). *Brazilian Journal of Animal Science, 49,* 1-8. https://doi.org/10.37496/rbz4920180278
22. Satenahalli, S. B., Govindan, R., & Goud, J. V. (2001). Genetic analysis of some quantitative traits by diallel cross in silkworm, *Bombyx mori* (L). *Sericoiogia, 29,* 333-342.
23. Singh, R., Raghavendra, R., Kariappa, D., Premalatha, B. K., & Dandin, V. (2003). Studies on analysis of combining ability in the mulbery silkworm. *International Journal of Industrial Entomology, 6*(2), 103-107.

24. Singh, R., Basavaraja, H. K., Kariappa, B. K., Rao, D. R., Premalatha, V. & Gangopadhyay, D. (2006). Reciprocal effects in F1 hybrids between multivoltine and bivoltine breeds of the silkworm, *Bombyx mori* L. *Indian Journal of Sericulture*, *45*(2), 176-180.
25. Singh, T., Mohan-Bhat, M., & Ashraf-Khan, M. (2011). Critical analysis of correlation and heritability phenomenon in the silkworm, *Bombyx mori* (L), (Lepidoptera: bombycidae). *Advances in Bioscience and Biotechnology*, *2*(5), 347-353. https://doi.org/10.4236/abb.2011.25051
26. Talebi, E., & Kamjoo B. (2013). A study on combining ability for six quantitative traits in the silkworm, *Bombyx mori* L. *Journal of Animal Research*, *26*, 326-332. (In Persian with English abstract). https://doi.org/ 26312
27. Talebi, E., & Subramanya, G. (2009). Diallel analysis of bivoltine and multivoltin races for six quantitative traits races for six quantitative traits. *Journal of Applied Sciences*, *2*(3), 331-339.
28. Talebi, E., Khademi, M., Subramanya, G., & Mahesha, H. B. (2011). A study on straight and reciprocal crossing in F1 hybrids using bivoltine and multivoltine silkworm, *Bombyx mori* L. (Lep., Bombycidae) races. *Journal of Entomological Research*, *3*(1), 43-49.
29. Zhang, M., Qin, S., Xu, P., & Zhang, G. (2018). Identifying potential maternal genes of *Bombyx mori* using digital gene expression profiling. *PLOS ONE*, *13*(2), e0192745. https://doi.org/10.1371/journal.pone.0192745
30. Zambrano-Gonzalez, G. Almanza-Pinzon, M., & Vélez, M. (2021). Genetic parameters in traits of productive importance in lines of *Bombyx mori* L. *Animal Breeding and Genetic*, *139*, 136–144. https://doi.org/10.1111/jbg.12647